



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS
PARA EL CONTROL DE NIVEL DE LÍQUIDOS EN EL
LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL
DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”**

MÉNDEZ ROBLES MANUEL ÁNGEL

ERAZO SILVA PABLO JAVIER

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

RIOBAMBA – ECUADOR

2014

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-02-15

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

MANUEL ÁNGEL MÉNDEZ ROBLES

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EL CONTROL DE
NIVEL DE LÍQUIDOS EN EL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN
INDUSTRIAL DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

Ing. Marco Santillán Gallegos
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Dr. Marco Haro Medina
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Pablo Montalvo Jaramillo
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-02-15

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

ERAZO SILVA PABLO JAVIER

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EL CONTROL DE
NIVEL DE LÍQUIDOS EN EL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN
INDUSTRIAL DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

Ing. Marco Santillán Gallegos
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Dr. Marco Haro Medina
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Pablo Montalvo Jaramillo
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: MÉNDEZ ROBLES MANUEL ÁNGEL

TÍTULO DE LA TESIS: IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EL CONTROL DE NIVEL DE LÍQUIDOS EN EL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”

Fecha de Examinación: 2014-02-04

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Fernando González Puente PRESIDENTE TRIBUNAL DEFENSA			
Dr. Marco Haro Medina DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Pablo Montalvo Jaramillo ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Fernando González Puente
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ERAZO SILVA PABLO JAVIER

TÍTULO DE LA TESIS: IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EL CONTROL DE NIVEL DE LÍQUIDOS EN EL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”

Fecha de Examinación: 2014-02-04

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Fernando González Puente PRESIDENTE TRIBUNAL DEFENSA			
Dr. Marco Haro Medina DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Pablo Montalvo Jaramillo ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Fernando González Puente
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teórico-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Manuel Ángel Méndez Robles

Pablo Javier Erazo Silva

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a Dios por darme vida y fuerzas para seguir alcanzando mis metas.

A mis queridos hermanos, abuelitos por su comprensión y apoyo brindado para compartir este anhelo conmigo.

A mi padre Ángel Méndez por ser participe en la culminación de este trabajo, sus pasos a seguir y en especial a mi madre querida Estela Robles por su perseverancia y cariño en todos los momentos duros estuvo siempre apoyándome como pilar fundamental que me inspira a crecer y ser una mejor persona cada día.

Manuel Méndez Robles

Gracias Dios, por haber culminado mi carrera, por darme salud y vida.

A mis padres Avelino Erazo y Mariana Silva y a mis hermanos que con su esfuerzo me ayudaron a cumplir este sueño.

Pablo Erazo Silva

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

Y en especial para todos los amigos, compañeros y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

Manuel Méndez Robles

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

Y en especial para todos los amigos, compañeros y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

Pablo Erazo Silva

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	2
2. MARCO TEÓRICO	
2.1 Propiedades de los líquidos.....	3
2.2 Métodos y medidores de nivel de líquido.....	4
2.2.1 <i>Instrumentos de medida directa</i>	5
2.2.1.1 <i>Medidor de sonda</i>	5
2.2.1.2 <i>Medidor de cinta y plomada</i>	5
2.2.1.3 <i>Medidor de cristal</i>	6
2.2.1.4 <i>Medidor de flotador</i>	7
2.2.1.5 <i>Medidor por palpador servooperado</i>	8
2.2.1.6 <i>Medidor de nivel magnostrictivo</i>	8
2.2.2 <i>Instrumentos en la presión hidrostática</i>	9
2.2.2.1 <i>Medidor manométrico</i>	9
2.2.2.2 <i>Medidor de membrana (caja de diafragma)</i>	10
2.2.2.3 <i>Sistema de trampa de aire</i>	11
2.2.2.4 <i>Medidor de tipo burbujeo</i>	11
2.2.3 <i>Instrumento basado en el desplazamiento</i>	12
2.2.4 <i>Instrumentos basados en características eléctricas de líquidos</i>	13
2.2.4.1 <i>Medidor de nivel conductivo o resistivo</i>	13
2.2.4.2 <i>Medidor de nivel capacitivo</i>	14
2.2.5 <i>Medidor de nivel de ultrasonidos</i>	15
2.2.6 <i>Medidor de nivel de radar</i>	16
2.2.7 <i>Medidor de nivel de radiación</i>	18
2.2.8 <i>Medidor másico de nivel</i>	18
2.3 Válvulas.....	13
2.3.1 <i>Válvulas de compuerta</i>	19
2.3.2 <i>Válvulas de macho</i>	19
2.3.3 <i>Válvulas de globo</i>	20
2.3.4 <i>Válvulas de bola</i>	20
2.3.5 <i>Válvulas de mariposa</i>	20
2.3.6 <i>Válvulas de diafragma</i>	21
2.3.7 <i>Válvulas de apriete</i>	21
2.3.8 <i>Válvulas de retención</i>	22
2.3.9 <i>Válvulas de alivio</i>	22
2.4 Sistemas HMI.....	23
2.4.1 <i>Sistema SCADA</i>	23

2.4.1.1	<i>Funciones</i>	24
2.4.1.2	<i>Interfaz</i>	24
2.4.2	<i>Sistemas de control automático</i>	25
2.4.2.1	<i>Definición</i>	25
2.4.2.2	<i>Sistemas de control en lazo cerrado</i>	25
2.4.2.3	<i>Sistemas de control en lazo abierto</i>	26
2.4.2.4	<i>Comparación entre estos dos tipos de sistemas</i>	27
3.	DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS PARA EL CONTROL DE NIVEL DE LÍQUIDOS	
3.1	<i>Análisis y definición del sistema</i>	28
3.2	<i>Selección de instrumentos de medida y control</i>	29
3.2.1	<i>Sensor ultrasónico</i>	29
3.2.2	<i>Servoválvula</i>	32
3.2.2.1	<i>Parte motriz</i>	32
3.2.2.2	<i>Válvula de control (actuador)</i>	33
3.2.2.3	<i>Acoplamiento motor-válvula</i>	34
3.3	<i>Selección del tipo de bomba</i>	35
3.4	<i>Controlador</i>	36
3.5	<i>Diseño eléctrico</i>	43
3.5.1	<i>Elementos de protección</i>	43
3.5.2	<i>Elementos de apertura y cierre</i>	43
3.5.3	<i>Elementos indicadores de luz</i>	44
3.5.4	<i>Conexiones eléctricas</i>	44
3.5.5	<i>Elementos de accionamiento</i>	44
3.5.6	<i>Tarjeta electrónica de potencia</i>	45
3.5.7	<i>Terminales de conexión</i>	45
3.6	<i>Estructura del banco</i>	47
4.	INSTALACIÓN Y MONTAJE DEL BANCO DE PRUEBAS.	
4.1	<i>Generalidades</i>	48
4.1.1	<i>Normas para los instrumentos de medición de nivel</i>	48
4.1.2	<i>Calibración de instrumentos</i>	49
4.2	<i>Montaje de sistemas para el control de nivel de líquidos</i>	48
4.2.1	<i>Montaje del banco</i>	50
4.2.2	<i>Montaje del tablero de control</i>	51
4.2.3	<i>Instalación de los instrumentos correspondientes y servicios básicos</i>	51
4.2.4	<i>Distribución de cada uno de los instrumentos y accesorios</i>	53
4.2.5	<i>Instalación final</i>	54
4.3	<i>Requerimientos de montaje</i>	54
5.	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS	
5.1	<i>Monitorización y control con sistemas SCADA</i>	56
5.1.1	<i>Sistema de adquisición de datos</i>	56
5.1.2	<i>Introducción al LabView</i>	56
5.1.3	<i>Control fuzzy</i>	58

5.1.4	<i>Interfaz desarrollado en LabView.</i>	60
5.1.5	<i>Diagramas de bloque.</i>	61
5.2	<i>Pruebas de operación.</i>	63
5.2.1	<i>Verificación de conexiones.</i>	63
5.2.2	<i>Verificación del sistema de control de nivel.</i>	63
5.2.2.1	<i>Pruebas funcionales.</i>	63
5.2.2.2	<i>Prueba de circuitos.</i>	64
5.2.3	<i>Pruebas por instrumentos y en conjunto.</i>	64
5.2.3.1	<i>Prueba de la bomba.</i>	64
5.2.3.2	<i>Prueba de caudal de salida.</i>	65
5.2.3.3	<i>Prueba del sensor ultrasónico del tanque uno.</i>	66
5.2.4	<i>Análisis y discusión de resultados.</i>	67
5.3	<i>Manual de mantenimiento del equipo.</i>	68
5.3.1	<i>Introducción del equipo.</i>	68
5.3.2	<i>Aplicaciones.</i>	68
5.3.3	<i>Características técnicas.</i>	69
5.3.4	<i>Principales componentes y sus funciones.</i>	70
5.3.4.1	<i>Tablero de control.</i>	70
5.3.5	<i>Manual de mantenimiento.</i>	72
5.3.5.1	<i>Sistema de agua y estructura metálica.</i>	72
5.3.5.2	<i>Tanque T1 y T2.</i>	73
5.3.5.3	<i>Bomba.</i>	73
5.3.5.4	<i>Tuberías y accesorios.</i>	75
5.3.5.5	<i>Tablero de control.</i>	76
5.3.5.6	<i>Servoválvula.</i>	76
6.	ELABORACIÓN DE LAS GUÍAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO	
6.1	<i>Guías prácticas de laboratorio para la medición de nivel de líquidos.</i>	78
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
7.1	<i>Conclusiones.</i>	90
7.2	<i>Recomendaciones.</i>	91

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE FIGURAS

1	Medidor de sonda.....	5
2	Medidor de cinta y plomada.....	6
3	Medidor de cristal.....	7
4	Medidor de flotador.....	7
5	Medidor manométrico.....	9
6	Medidor de membrana.....	10
7	Sistema de trampa de aire.....	11
8	Medidor de tipo burbujeo.....	12
9	Medidor de tipo desplazamiento.....	13
10	Medidor de nivel conductivo o resistivo.....	14
11	Medidor de nivel capacitivo.....	15
12	Medidor de nivel de tipo ultrasonidos.....	16
13	Medidor de nivel de radiación.....	18
14	Válvula de compuerta.....	19
15	Válvula de macho.....	19
16	Válvula de globo.....	20
17	Válvula de bola.....	20
18	Válvula de mariposa.....	21
19	Válvula de diafragma.....	21
20	Válvula de apriete.....	22
21	Válvula de retención.....	22
22	Válvula de alivio.....	22
23	Interacción Hombre Máquina.....	23
24	Sistema de control en lazo cerrado.....	25
25	Sistema de control en lazo abierto.....	27
26	Esquema del sistema de agua.....	29
27	Sistema de adquisición de datos.....	30
28	Sensor Ultrasónico LV-MaxSonar-EZ4.....	30
29	Motor paso a paso.....	33
30	Válvula de globo manual.....	34
31	Servoválvula.....	35
32	Bomba.....	36
33	Signal label application diagram.....	37
34	Diagrama de bloques de componentes funcionales USB 6008.....	37
35	Diseño eléctrico del sistema.....	44
36	Circuitos tarjeta de potencia.....	46
37	Estructura del banco.....	47
38	Montaje de banco de pruebas.....	50
39	Montaje de tablero de control.....	51
40	Instalación de instrumentos y accesorios.....	52
41	Montaje del sensor.....	53
42	Instalación y montaje final del banco.....	54
43	Sistema de adquisición de datos.....	56

44	Diagrama del proceso fuzzy.....	58
45	Variables para la fuzzificación.....	59
46	Evaluación de reglas.....	59
47	Prueba del sistema de relación entrada y salida.....	60
48	Pantalla de inicio.....	60
49	Panel frontal.....	61
50	Diagramas de bloques de la interfaz de la ventana de inicio.....	61
51	Diagrama de bloques del panel frontal para control manual.....	62
52	Diagrama de bloques del panel frontal para control fuzzy.....	62
53	Diagrama de bloques para el control de emergencia.....	63
54	Tiempo de llenado vs nivel.....	65
55	Caudal vs tiempo.....	65
56	Tiempo de vaciado vs nivel.....	66
57	Caudal de salida vs tiempo.....	66
58	Componentes del tablero de control.....	71
59	Reconocimiento de los componentes del banco de pruebas.....	80
60	Modo de operación manual.....	83
61	Modo manual.....	84
62	Funcionamiento manual.....	85
63	Modo de operación fuzzy.....	88
64	Panel frontal modo fuzzy.....	89

LISTA DE TABLAS

1	Características de los sistemas SCADA y los sistemas de control.....	23
2	Terminales analógicas de la NI_DAQ 6008.....	38
3	Terminales digitales, sincronización y alimentación Vcc NI-DAQ 6008.....	39
4	Descripción de las señales de los pines de NI-DAQ USB 6008.....	40
5	Especificaciones técnicas de la DAQ USB 6008.....	41
6	Requerimientos para el montaje.....	54
7	Prueba de la bomba.....	64
8	Prueba caudal de salida.....	65
9	Prueba de sensor ultrasónico del tanque uno.....	67
10	Ficha de datos y características técnicas.....	69
11	Ficha de datos y características técnicas del tablero de control.....	70
12	Ficha de datos y características técnicas del sistema de tuberías.....	71
13	Problemas y soluciones de la bomba.....	74
14	Tareas del mantenimiento.....	77

LISTA DE ABREVIACIONES

SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition (Supervisión Control y Adquisición de Datos)
DCS	Sistemas de Control Distribuido
HMI	Interfaz Hombre – Máquina
DAQ	Tarjeta de Adquisición de Datos
USB	Universal Serial Bus
LCV	Válvula Controladora de Nivel
RoHS	Restriction of Hazardous Substances, restricción de ciertas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos
LABVIEW	Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench
NEMA	Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos
CONTROL FUZZY	También llamada lógica borrosa o lógica heurística, se basa en lo relativo de lo observado como posición diferencial.

LISTA DE ANEXOS

- A Ubicación y códigos de elementos de tarjeta electrónica
- B Diseño de tarjeta electrónica
- C Pasos para realizar una tarjeta electrónica
- D Hoja de datos de sensor LV MAX SONAR EZ4
- E Esquema del banco de pruebas
- F Configuración de las escalas del sensor 1
- G Escalas del sensor 2
- H Hoja de datos del integrado L298
- I Hoja de datos del integrado L297

.

.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad desarrollar un banco de pruebas para el control de nivel de líquidos para el laboratorio de Instrumentación Industrial de la Facultad de Mecánica que sea útil y funcional para el aprendizaje de quienes realizan prácticas de medición y control de esta variable de proceso, lo cual se consideraron tres aspectos fundamentales: ergonomía, estética y fácil identificación de los componentes.

Se partió de una investigación minuciosa en el ámbito de los líquidos, sus propiedades, métodos e instrumentos de medida de nivel de líquido, válvulas, sistemas de control para su monitorización, se seleccionó los sensores ultrasónicos por sus características y propiedades que se ajustan al proceso donde el rango de medida está entre 0 y 57 cm, para la adquisición y automatización de datos se utilizó la tarjeta DAQ USB 6008 con sus respectivos acondicionamientos montados en una placa electrónica, selección que se realizó por sus características de uso didáctico. El sistema hidráulico está compuesto de tuberías en PVC, válvulas de bola y la serbo-válvula que controla el nivel.

Para la programación se utilizó el software LabView, con licencia corporativa de la Facultad de Mecánica, se aplicó una lógica de control fuzzy que facilita el monitoreo de las variables de control de nivel mediante el set-point de modo automático; además, el encendido y apagado se lo realiza de forma manual.

Se elaboró un manual de mantenimiento y sistema de control de operación, de modo que el usuario pueda familiarizarse fácilmente con el banco implementado y pueda realizar actividades básicas de mantenimiento.

ABSTRACT

The main purpose of this research is to develop a testing workbench for liquids-level control for the Industrial Instrumentation laboratory, belonging to the Faculty of Mechanics. This test bench will be useful and functional for the learning process of those who are engaged in measurement and control practices of this process variable, which was developed by taking into account three essential aspects: ergonomics, aesthetics, and easy identification of components.

This study was carried out by starting from a thorough research in the field of liquids, its properties, methods and instruments for measuring liquid level, valves, control systems for its monitoring, also, the ultrasonic sensors were selected due to its characteristics and properties that adjust to the process where the measuring rate varies between 0 and 57 cm, in order to automate and acquire data, it was used the DAQ USB 6008 card with their respective fittings assembled on a circuit board, selection made due to its educational features. The hydraulics system is made of PVC pipes, ball valves and the servo-valve that controls the level.

In order to run the programming it was used the LabView software owning corporate license of the Faculty of Mechanics, in addition to this, it was applied a fuzzy logic control that eases the monitoring of the level control variables by means of the set-point of automatic mode, furthermore, the on and off actions are performed manually.

It was created a manual of maintenance and operation control system, so that the user can easily become familiar with the test bench to be implemented and be able to perform basic maintenance tasks.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El perfil del Ingeniero de Mantenimiento está orientado entre otras cosas al control de variables de proceso y actualmente la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento no dispone de equipamiento actualizado respecto a las mediciones y controles de nivel.

Así mismo las empresas no cuentan módulos de simulación de los diferentes procesos industriales relacionado con la variable nivel para capacitar al personal e implementar nuevas estrategias de control, por lo que se presenta el diseño de un banco de pruebas para el control de nivel de líquidos como prototipo donde podrán asesorarse.

El desarrollo tecnológico actual, tiene a la disposición de la industria equipamiento de última tecnología que permite realizar acciones de control sobre la variable de nivel de una manera altamente sofisticada y en menor tiempo, en décadas pasadas se carecía de estas ventajas que afectaban la rentabilidad de la empresa.

Este panorama se desarrolla el presente tema de tesis que procurará presentar una solución a las instituciones y a la industria brindando la posibilidad de entrenamiento y capacitación para estudiantes y profesionales de la industria.

1.2 Justificación

La implementación del banco de pruebas de control de nivel de líquidos permitirá que los estudiantes puedan asimilar los conocimientos adquiridos en la teoría y asociarlos con las prácticas de medición, control y monitoreo de nivel de líquido, lo cual será de vital importancia para la formación de los estudiantes, quienes podrán identificar los componentes e incluso manipularlos.

Este módulo evitará que los profesionales formados en el área de instrumentación industrial busquen ayuda externa para poder capacitarse y estar al nivel exigido por la tecnología e industrias en procesos industriales, disponiendo de un prototipo a escala que representa un sistema real.

El módulo didáctico a construir permitirá realizar un estudio práctico de las diferentes técnicas de control aplicadas a un sistema real, en qué se basa su diseño o selección así como los diferentes sistemas de control de nivel.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Implementar el banco de pruebas para el control de nivel de líquidos en el laboratorio de Instrumentación Industrial de la Facultad de Mecánica.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

Analizar el marco teórico sobre los controles de nivel de líquido.

Diseñar el banco de pruebas para controles de nivel de líquido.

Construir el banco de pruebas para controles de nivel de líquido.

Realizar pruebas de operación del sistema.

Elaborar guías de laboratorio.

Elaborar el manual de mantenimiento y el control de operación del sistema.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Propiedades de los líquidos

Compresión y expansión. A los líquidos se les considera incompresibles debido a que dentro de ellos existen fuerzas extremas de atracción entre sus moléculas. Por otra parte cuando a un líquido se le aplica una presión, su volumen no se ve afectado en gran cantidad, ya que sus moléculas tienen poco espacio entre sí. Si la temperatura cambia su volumen no sufrirá variación considerable. Cuando las moléculas están en continuo movimiento es por causa del aumento de la temperatura que está experimentando, lo cual hace que el líquido aumente el espacio intermolecular, a pesar de esto las fuerzas de atracción que existen en el líquido se oponen a este distanciamiento de sus moléculas.

Difusión. Al realizar la mezcla de dos líquidos, las moléculas de uno de ellos se difunden en las del otro a menor velocidad que en los gases. Si se desea ver la difusión de dos líquidos, se puede dejar caer una pequeña cantidad de tinta china en un poco de agua. Debido a que las moléculas en ambos líquidos están muy cerca, cada molécula conlleva una inmensidad de choques antes de alejarse, puede decirse millones de choques. La distancia promedio que se genera en los choques se llama trayectoria libre media y en los gases es más grande que en los líquidos, esto sucede porque las moléculas están bastante separadas. A pesar de esto hay constantes interrupciones en sus trayectorias moleculares, por lo que los líquidos se difunden más lentamente que en los gases.

Forma y Volumen. En un líquido las fuerzas de atracción son suficientemente agudas para limitar las moléculas en su movimiento dentro de su volumen definido. A pesar de esto las moléculas no pueden guardar su estado fijo, es decir las moléculas del líquido no permanecen en una sola posición.

Las moléculas dentro de los límites del volumen del líquido, tienen la libertad de moverse unas alrededor de otras; a causa de esto, permiten que el líquido fluya. Los líquidos poseen un volumen definido, pero debido a su capacidad para fluir, su forma depende del contorno del recipiente que los contiene.

Viscosidad. Algunos líquidos fluyen lentamente, mientras que otros fluyen con facilidad; la resistencia a fluir se conoce con el nombre de viscosidad, el líquido fluye más lentamente. Los líquidos como el aceite de los motores son relativamente viscosos, el agua y los líquidos orgánicos como el tetracloruro de carbono, no lo son. La viscosidad puede medirse tomando en cuenta el tiempo que transcurre cuando cierta cantidad de un líquido fluye a través de un delgado tubo, bajo la fuerza de la gravedad. (KNIGHT, 2009).

2.2 Métodos y medidores de nivel de líquido

Los medidores de nivel de líquidos trabajan midiendo directamente la altura del líquido sobre la línea de referencia, la presión hidrostática, el desplazamiento producido en un flotador por el propio líquido contenido en el tanque del proceso, aprovechando características eléctricas del líquido o bien utilizando otros fenómenos.

Los primeros instrumentos de medida directa se dividen en: sonda, cinta y plomada, nivel de cristal, nivel de flotador, magnético, palpador servooperado y magnetoestrictivo.

Los aparatos que miden el nivel aprovechando la presión hidrostática son:

- Medidor manométrico
- Medidor de tipo burbujeo
- Medidor de presión diferencial de diafragma.

El empuje producido por el propio líquido lo aprovecha el medidor de desplazamiento.

Los instrumentos que utilizan las características eléctricas del líquido son:

- Medidor resistivo conductivo

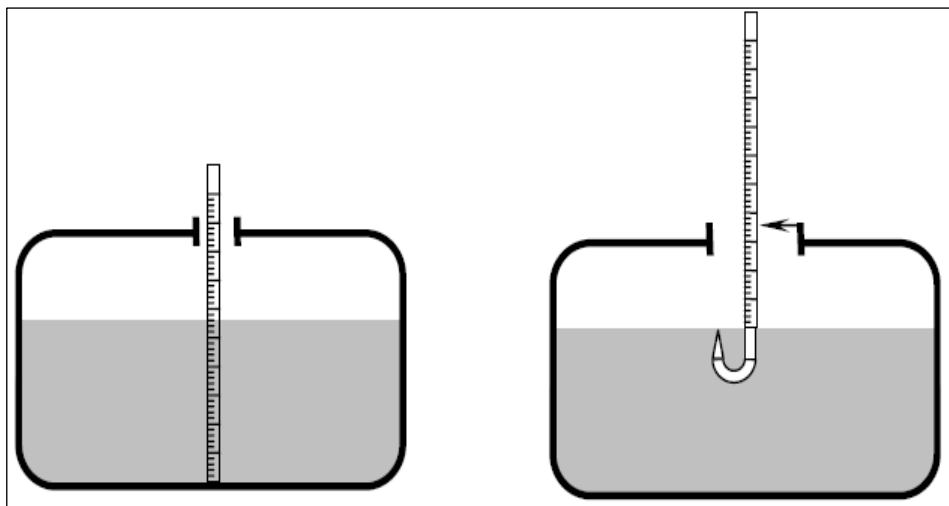
- Medidor capacitivo
- Medidor ultrasónico
- Medidor de radar
- Medidor de radiación
- Medidor láser

2.2.1 Instrumentos de medida directa

2.2.1.1 Medidor de sonda. Consiste en una varilla o regla graduada, de la longitud conveniente para introducirla dentro del depósito. La determinación del nivel se efectúa por la lectura directa de la longitud mojada por el líquido, estos instrumentos se utilizan generalmente en estanques de gasolina.

Otro medidor consiste en una varilla graduada, con un gancho que se sumerge en el seno del líquido y se levanta después hasta que el gancho rompe la superficie del líquido. La distancia desde esta superficie hasta la parte superior del estanque representa indirectamente el nivel. Se emplea en estanques de agua a presión atmosférica.

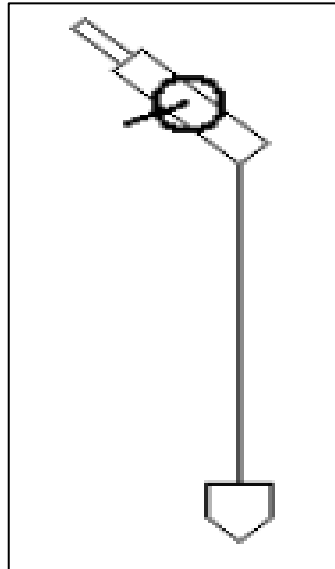
Figura 1. Medidor de sonda



Fuente:http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/djean/index_archivos/Documentos/I4_Medicion_de_nivel.pdf

2.2.1.2 Medidor de cinta y plomada. Consta de una cinta graduada y un plomo en la punta, se emplea cuando es difícil que la regla tenga acceso al fondo del estanque.

Figura 2. Medidor de cinta y plomada



Fuente: http://medirvariables.blogspot.com/2010_04_01_archive.html

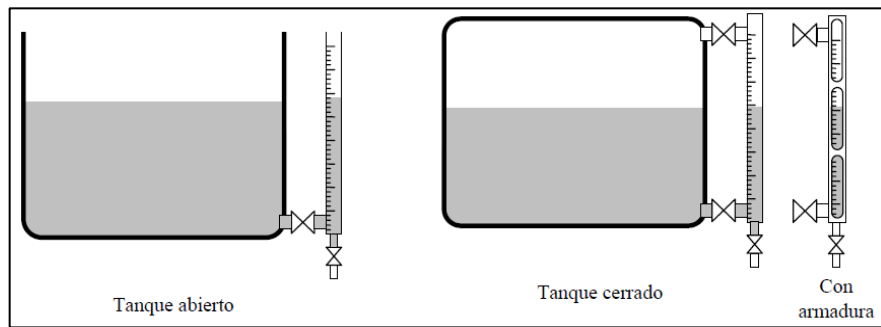
2.2.1.3 Medidor de cristal. Consiste en un tubo de vidrio con sus extremos, conector a bloques metálicos y cerrados por prensa estopas que están unidos al estanque generalmente mediante tres válvulas, dos de cierre de seguridad en los extremos del tubo para impedir el escape del líquido en caso de rotura del cristal y una purga.

El nivel de cristal normal se emplea para presiones de hasta 7 bares. A presiones más elevadas el cristal es grueso, de sección rectangular y está protegido por una armadura metálica. Para mayor seguridad, las válvulas de cierre incorporan una pequeña bola que actúa como válvula de retención en caso de rotura del vidrio.

Los niveles de vidrio son susceptibles de ensuciarse por las características del líquido que miden, impidiendo que el nivel pueda apreciarse claramente. Entre los líquidos que presentan este inconveniente figuran el caramelo y los líquidos pegajosos. El nivel de vidrio solo permite una indicación local, si bien pueden emplearse espejos para lectura a distancias limitadas, también se utilizan cámaras de televisión para mayores distancias de transmisión.

Su ventaja principal es la gran seguridad que ofrece en la lectura del nivel del líquido pudiendo controlar con ellos la lectura de los otros tipos de aparatos de nivel.

Figura 3. Medidor de cristal

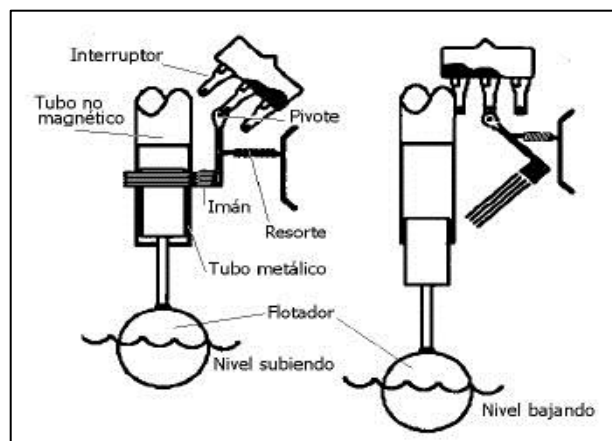


Fuente:http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/djean/index_archivos/Documentos/I4_Medicion_de_nivel.pdf

2.2.1.4 Medidor de flotador. Consiste en un flotador ubicado en el seno del líquido y conectado al exterior del estanque indicando directamente el nivel sobre una escala graduada.

La escala está graduada de forma inversa, es decir, cuando el tanque está lleno, el índice exterior está en la parte inferior de la escala y señala el 100% de nivel, y cuando está vacío señala el 0% con el índice situado en la parte superior.

Figura 4. Medidor de flotador



Fuente:http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/djean/index_archivos/Documentos/I4_Medicion_de_nivel.pdf

A medida que el nivel sube o baja las cintas giran y como tiene colores distintos en su anverso y reverso, visualizan directamente el nivel del estanque. El instrumento puede tener interruptores de alarma y transmisor incorporados. Se utilizan en sustitución de los niveles de vidrio cuando se dan algunas de las siguientes condiciones:

- La presión es superior a 25 bares.
- Existe la probabilidad de la rotura del vidrio por las condiciones de los líquidos (caso de altas presiones y bajas temperaturas).
- Es preciso evitar el escape de gases tóxicos, líquidos inflamables, etc.
- Los depósitos o tanques a medir están enterrados, o bien cuando es necesario ver el nivel a distancia.
- Los líquidos son viscosos (asfalto, residuos de vacío, crudos, etc.).

En tanques pequeños, el flotador puede adaptarse para actuar magnéticamente sobre un transmisor neumático, electrónico o digital dispuesto en el exterior del tanque, permitiendo así un control de nivel; una aplicación típica la constituye el control de nivel de una caldera de pequeña capacidad de producción de vapor. Hay que señalar que en estos instrumentos, el flotador puede tener formas muy variadas y estar formados por materiales muy diversos según sea el tipo de fluido.

Los instrumentos de flotador tienen una precisión de 0,5 %. Son adecuados en la medida de niveles en estanques abiertos y cerrados a presión o a vacío, y son independientes del peso específico del líquido. Por otro lado, el flotador puede agarrotarse en el tubo guía por un eventual depósito de los sólidos o cristales que el líquido pueda contener y además los tubos guía muy largos pueden dañarse ante olas bruscas en la superficie del líquido o ante la caída violenta del líquido en el estanque. Su exactitud es de $\pm 0,5\%$ (UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, 2010).

2.2.1.5 Medidor por palpador servooperado. Consiste en un disco de desplazamiento suspendido por un cable de acero inoxidable que esta acoplado a un tambor ranurado, el cuál almacena la cinta. El tambor esta conducido por un servomotor controlado y montado en unos cojinetes de precisión. Cuando el nivel del producto sube o baja, el desplazador es subido o bajado automáticamente manteniendo el contacto con la superficie del producto.

2.2.1.6 Medidor de nivel magnostrictivo. Utiliza un flotador cuya posición, indica el nivel, se determina por el fenómeno de la magnetoestricción. Para detectar la posición del flotador, el transmisor envía un impulso alto de corriente de corta duración hacia

abajo al tubo de guía de ondas, con lo que crea un campo magnético tubular que interacciona inmediatamente con el campo magnético generado por los imanes del flotador.

La velocidad de la señal es conocida y constante para la presión y temperatura del fluido y no es afectada por la espuma y la única parte móvil del sistema es el flotador que se mueve según el nivel del líquido.

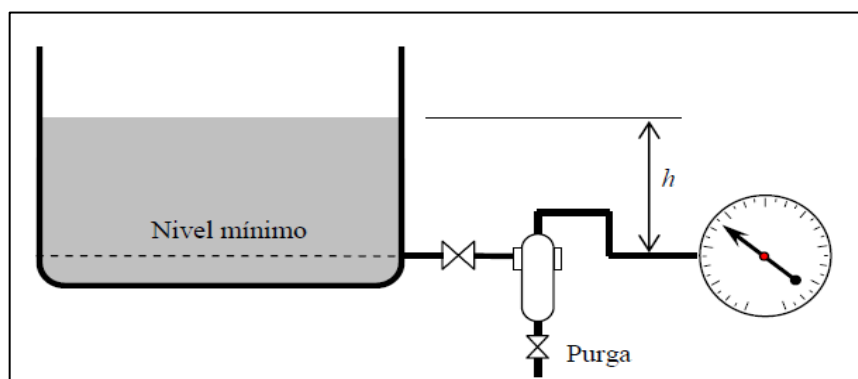
El ajuste del instrumento es fácil, se sitúa el flotador donde se desea el cero y se pulsa un botón del circuito electrónico y lo propio se hace con el alcance. La exactitud es de $\pm 0,01\%$. El alcance es de 0,1 a 5 metros.

2.2.2 Instrumentos en la presión hidrostática

2.2.2.1 Medidor manométrico. Consiste en un manómetro conectado directamente a la parte inferior del tanque, la lectura del manómetro indicará directamente la altura entre el nivel del líquido y el eje del manómetro, por lo que este se puede calibrar en unidades de nivel. Para este instrumento se acostumbra instalar además una válvula de cierre, para poder desmontar el instrumento sin tener que vaciar el tanque.

Se suele añadir también un recipiente de decantación, con una válvula de purga, para evitar que las partículas en suspensión del líquido lleguen al manómetro y poder eliminar regularmente las que se acumulen en el recipiente.

Figura 5. Medidor manométrico



Fuente: http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/djean/index_archivos/Documentos/I4_Medicion_de_nivel.pdf

Como los niveles son valores limitados, debido a mayor altura el nivel requiere de una resistencia mucho mayor, entonces el campo de medida de los manómetros es bastante pequeño por lo cual se usan generalmente elementos sensores de tipo fuelle. Este sistema solo sirve para fluidos relativamente limpios en tanques abiertos. La exactitud del instrumento es de $\pm 0,25\%$.

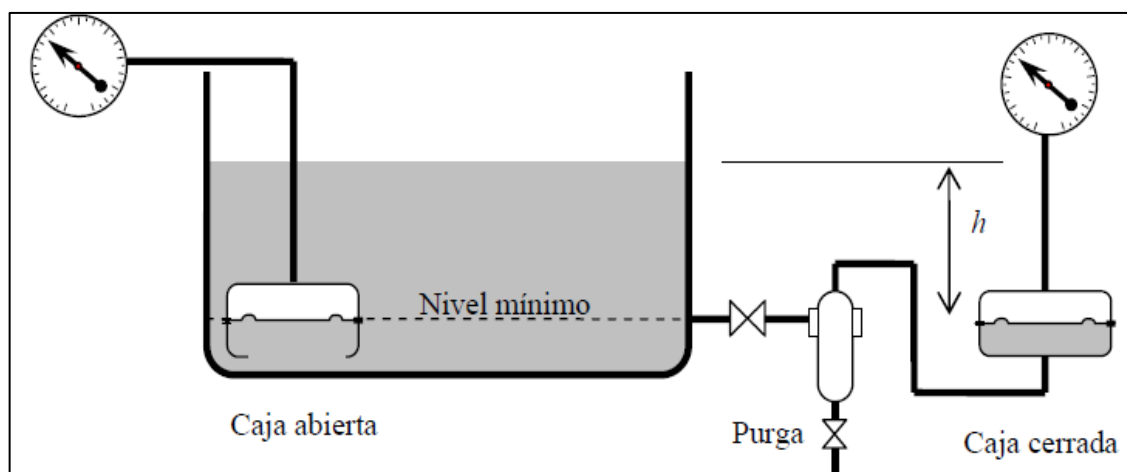
2.2.2.2 Medidor de membrana (caja de diafragma). Este utiliza una membrana conectada con un tubo estanco lleno de aire a un instrumento medidor de presión.

En este caso la fuerza ejercida por la columna de líquido sobre el área de la membrana comprime el aire atrapado en el tubo con una presión igual a la presión ejercida por la columna de líquido.

El volumen de aire interno suele ser bastante grande por lo cual el sistema está limitado a distancias no mayores de 15 metros, debido a la compresibilidad del aire.

El medidor tiene una exactitud de hasta 1% y puede trabajar hasta temperaturas de 60°C. Este sistema es delicado ya que cualquier pequeña fuga de aire puede dañar la calibración e incluso inutilizar el sistema, por lo cual no es conveniente usarlo para líquidos corrosivos.

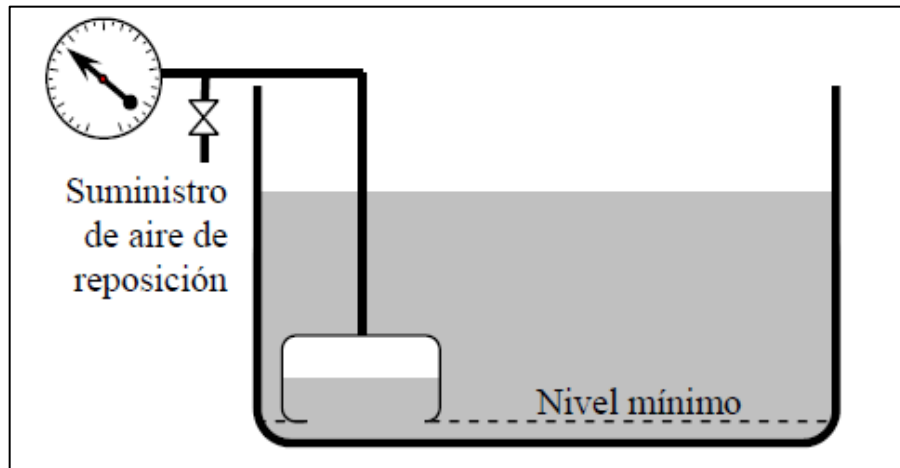
Figura 6. Medidor de membrana



Fuente: http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/djean/index_archivos/Documentos/I4_Medicion_de_nivel.pdf

2.2.2.3 Sistema de trampa de aire. Este sistema es similar al de la caja diafragma abierta solo que no posee diafragma, quedando el aire del sistema de medición atrapado simplemente por el líquido. La principal limitación de este sistema es la posibilidad de pequeñas fugas del aire atrapado, por lo cual se requiere de aire de reposición y de una calibración periódica.

Figura 7. Sistema de trampa de aire



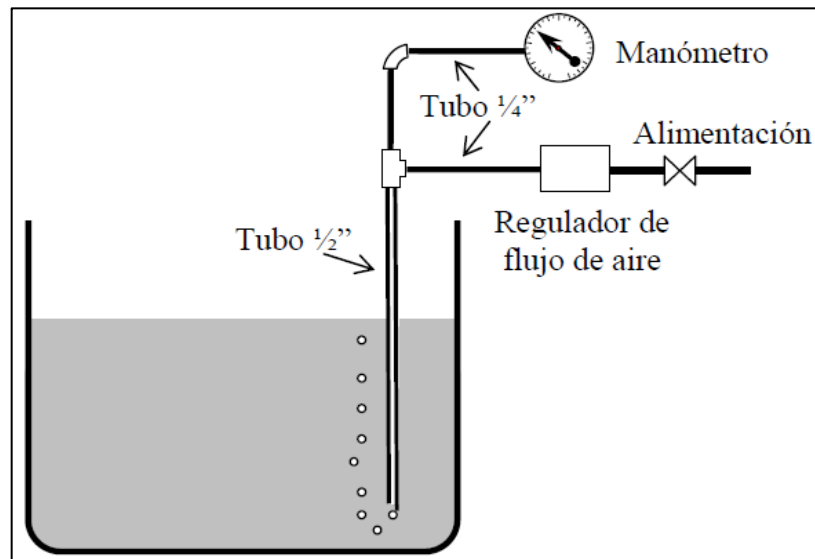
Fuente: http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/djean/index_archivos/Documentos/I4_Medicion_de_nivel.pdf

2.2.2.4 Medidor de tipo burbujeo. Este emplea un tubo sumergido en el líquido a cuyo través se hace burbujear aire mediante un regulador de caudal. La presión del aire en la tubería es equivalente a la presión hidrostática ejercida por la columna del líquido, es decir al nivel. El regulador de caudal permite mantener el flujo constante a través de la tubería sin importar el nivel (caudal común 150 litros/hora).

La tubería de aire suele ser de ½ pulgada con el extremo biselado para la fácil formación de burbujas. El manómetro receptor puede colocarse hasta distancias de 200 metros. Se puede además usar otros tipos de gas además de aire, e incluso líquido como fluido de purga si en algún caso se requiere.

Este sistema es simple y da buenos resultados, en particular en el caso de líquidos muy corrosivos o con sólidos en suspensión y emulsiones. No se recomienda su uso cuando el fluido de purga puede perjudicar el líquido del proceso. Tampoco es conveniente para líquidos muy viscosos en donde se presentan dificultades para la formación de las burbujas.

Figura 8. Medidor de tipo burbujeo



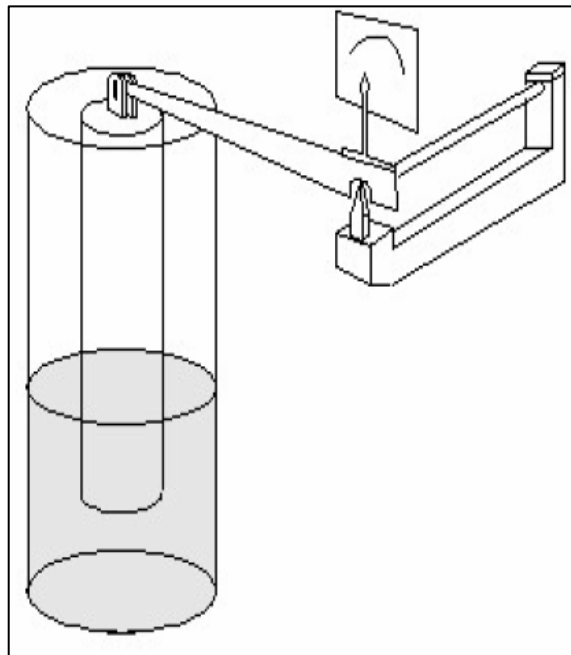
Fuente:http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/djean/index_archivos/Documentos/I4_Medicion_de_nivel.pdf

2.2.3 Instrumento basado en el desplazamiento. Consiste en un flotador parcialmente sumergido en el líquido y conectado mediante un brazo a un tubo de torsión unido rígidamente al estanque. Dentro del tubo y unido a su extremo libre se encuentra una varilla que transmite el movimiento de giro a un transmisor exterior al estanque. El tubo de torsión se caracteriza fundamentalmente porque el ángulo de rotación de su extremo libre es directamente proporcional a la fuerza aplicada.

Al aumentar el nivel, el líquido ejerce un empuje sobre el flotador igual al volumen de la parte sumergida multiplicada por la densidad del líquido, tendiendo a neutralizar su peso propio, así que el esfuerzo medido por el tubo de torsión será muy pequeño. Por el contrario, al bajar el nivel, menor parte del flotador queda sumergida, y la fuerza de empuje hacia arriba disminuye, resultando una mayor torsión.

La precisión es del orden de $\pm 0,5 \%$ a $\pm 1 \%$ y el intervalo de medida puede variar de 0-300 a 0-3000 milímetros. El instrumento puede utilizarse en estanques abiertos y cerrados a presión o a vacío, tiene una buena sensibilidad pero presenta el inconveniente del riesgo de depósitos de sólidos o de crecimiento de cristales en el flotador que afectan a la precisión de la medida y es apto sólo para la medida de pequeñas diferencias de nivel (2000 milímetros máximo estándar).

Figura 9. Medidor de tipo desplazamiento



Fuente: <http://materias.fi.uba.ar/7609/material/S0303MedicionNivel1.pdf>

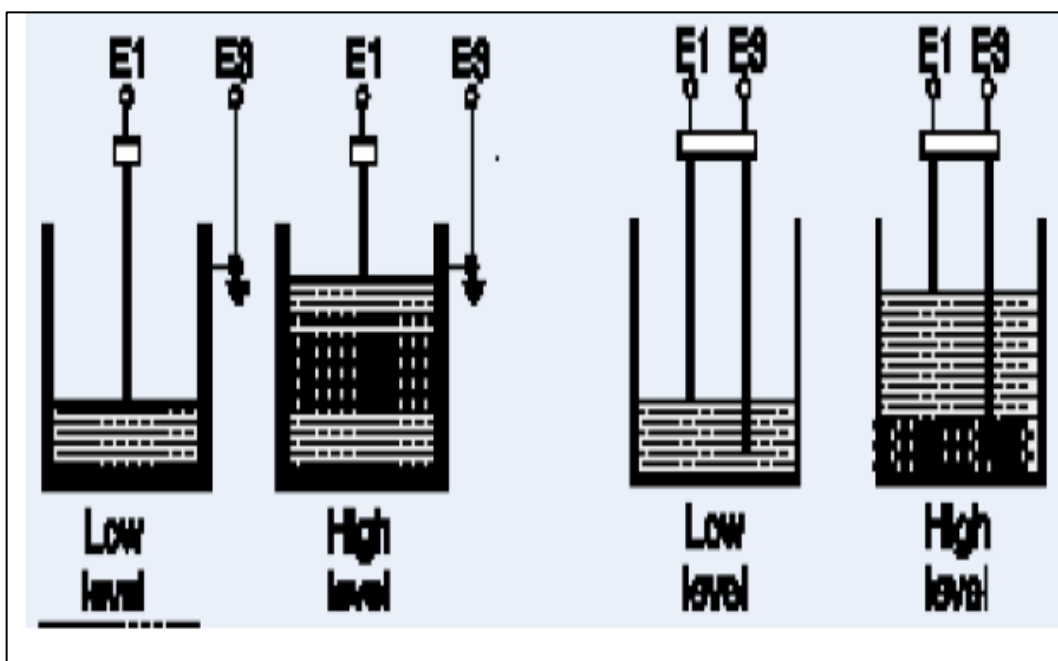
2.2.4 Instrumentos basados en características eléctricas de líquidos

2.2.4.1 Medidor de conductivo o resistivo. Mide la capacidad del condensador formado por el electrodo sumergido en el líquido y las paredes del estanque, la capacidad del conjunto depende linealmente del nivel del líquido. En fluidos no conductores se emplea un electrodo normal y la capacidad total del sistema se compone de la del líquido, la del gas superior y la de las conexiones superiores.

En fluidos conductores el electrodo está aislado usualmente con teflón interviniendo las capacidades adicionales entre el material aislante y el electrodo en la zona del líquido y del gas. La precisión de los transductores de capacidad es de $\pm 1 \%$.

Se caracterizan por no tener partes móviles, son ligeros, presentan una buena resistencia a la corrosión y son de fácil limpieza. Su campo de medida es prácticamente ilimitado. Tiene el inconveniente de que la temperatura puede afectar las constantes dieléctricas (0,1 % de aumento de la constante dieléctrica / °C) y de que los posibles contaminantes contenidos en el líquido puedan adherirse al electrodo variando su capacidad y falseando la lectura, en particular en el caso de líquidos conductores (CREUS, 2010).

Figura 10. Medidor de conductivo o resistivo



Fuente:http://www.infopl.net/files/documentacion/instrumentacion_deteccion/infoPLC_net_MEDICION_DE%20NIVEL.pdf

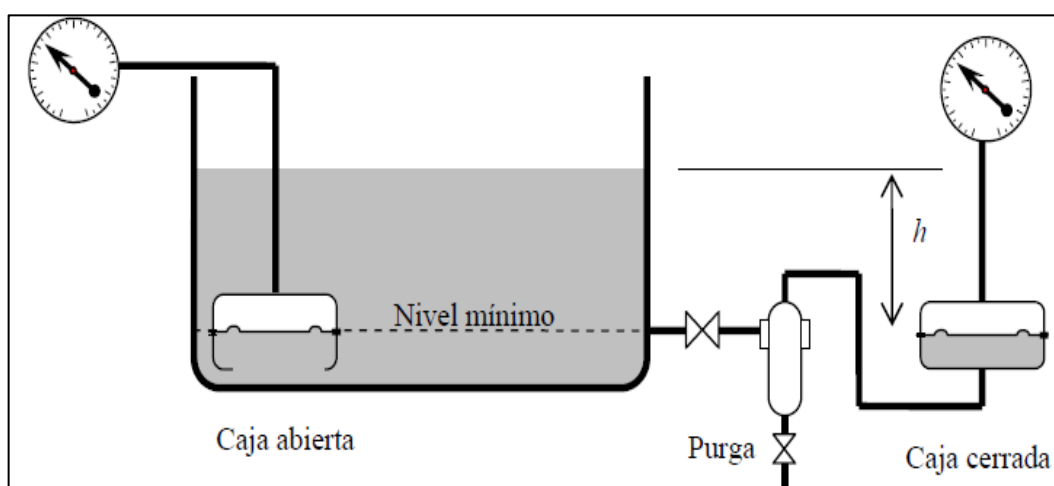
2.2.4.2 Medidor de nivel capacitivo. Mide la capacidad del condensador formado por el electrodo sumergido en el líquido y las paredes del estanque, la capacidad del conjunto depende linealmente del nivel del líquido.

En fluidos no conductores se emplea un electrodo normal y la capacidad total del sistema se compone de la del líquido, la del gas superior y la de las conexiones superiores.

En fluidos conductores el electrodo está aislado usualmente con teflón interviniendo las capacidades adicionales entre el material aislante y el electrodo en la zona del líquido y del gas. La precisión de los transductores de capacidad es de $\pm 1\%$.

Se caracterizan por no tener partes móviles, son ligeros, presentan una buena resistencia a la corrosión y son de fácil limpieza. Su campo de medida es prácticamente ilimitado. Tiene el inconveniente de que la temperatura puede afectar las constantes dieléctricas (0,1 % de aumento de la constante dieléctrica / °C) y de que los posibles contaminantes contenidos en el líquido puedan adherirse al electrodo variando su capacidad y falseando la lectura, en particular en el caso de líquidos conductores (CREUS, 2010).

Figura 11. Medidor de nivel capacitivo



Fuente: http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/djean/index_archivos/Documentos/I4_Medicion_de_nivel.pdf

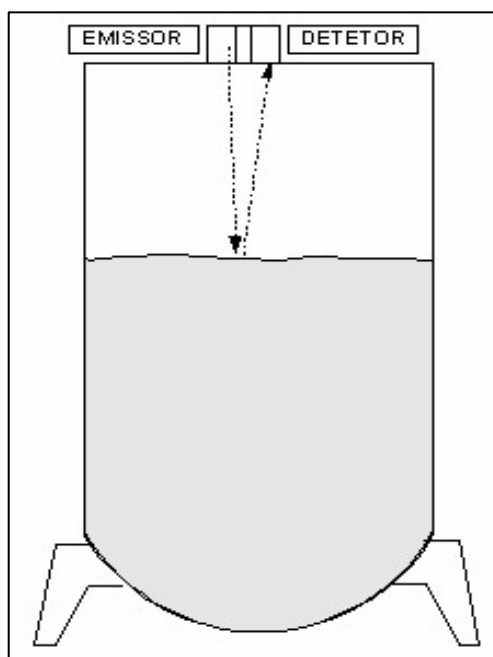
2.2.5 Medidor de nivel de ultrasonido. Medidor de nivel de ultrasonidos. Se basa en la emisión de un impulso ultrasónico a una superficie reflectante y la recepción del eco del mismo en un receptor. El retardo en la captación del eco depende del nivel del estanque.

Los sensores trabajan a una frecuencia de unos 20 KHz. Estas ondas atraviesan con cierto amortiguamiento o reflexión el medio ambiente de gases o vapores y se reflejan en la superficie del sólido o del líquido.

La precisión de estos instrumentos es de ± 1 a 3 %. Son adecuados para todos los tipos de estanques y de líquidos o fangos pudiendo construirse a prueba de explosión. Presentan el inconveniente de ser sensibles a la densidad de los fluidos y de dar señales erróneas cuando la superficie del nivel del líquido no es nítida como es el caso de un líquido que forme espuma, ya que se producen falsos ecos de los ultrasonidos.

La utilización de la computadora permite, a través de un programa, almacenar el perfil ultrasónico del nivel, y así tener en cuenta las características particulares de la superficie del líquido, tal como la espuma, con lo cual se mejora la precisión de la medida.

Figura 12. Medidor de nivel de tipo ultrasonidos



Fuente: <http://materias.fi.uba.ar/7609/material/S0303MedicionNivel1.pdf>

2.2.6 Medidor de nivel de radar. Estos transmisores de nivel se conocen con el nombre de micropilots y funcionan según el principio del eco.

El sistema de radar de microondas se basa en la emisión continua de una onda electromagnética, típicamente dentro del intervalo de los rayos X (10Hz). El sensor está situado en la parte superior del tanque y envía las microondas hacia la superficie del líquido y la capta el sensor. El tiempo empleado por las microondas es función del nivel del tanque.

Una antena de varilla o una antena de trompeta dirigen impulsos cortos de microondas de 0,8 nano segundos de duración aproximadamente hacia el producto, estos se reflejan en su superficie y la misma los detecta a su regreso, esta vez actuando como receptor. Las microondas se reflejan por la diferencia de impedancia entre el aire y el producto es proporcional al tiempo de retorno del producto de microondas.

Una técnica empleada es utilizar una onda continua modulada alta frecuencia (por encima de los 10 Hz), de modo que se detecta la diferencia de frecuencia entre la señal emitida y el eco recibido.

Las características típicas de los medidores de radar son:

- Repetibilidad $\pm 1\text{mm}$
- Exactitud para tanques en general $\pm 5\text{mm}$
- Exactitud para tanques de entrega de productos a facturar $\pm 1\text{mm}$

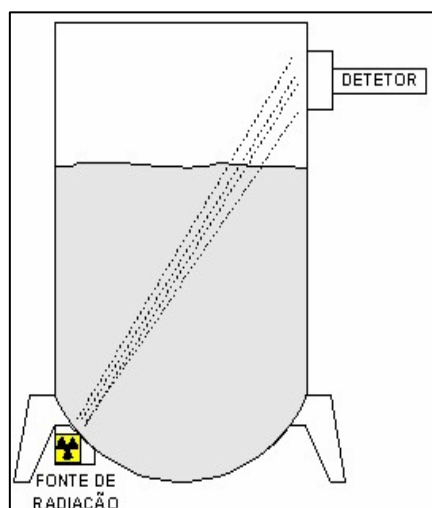
2.2.7 Medidor de nivel de radiación. Consiste en un emisor de rayos gamma montado verticalmente en un lado del estanque y con un contador que transforma la radiación gamma recibida en una señal eléctrica de corriente continua. Como la transmisión de los rayos es inversamente proporcional a la masa del líquido en el estanque, la radiación captada por el receptor es inversamente proporcional al nivel del líquido ya que el material absorbe parte de la energía emitida. Los rayos emitidos por la fuente son similares a los rayos X, pero de longitud de onda más corta.

La fuente radiactiva pierde igualmente su radiactividad en función exponencial del tiempo. La vida media (es decir, el tiempo necesario para que el emisor pierda la mitad de su actividad) varía según la fuente empleada. En el cobalto 60 es de 5,5 años y en el cesio 137 es de 33 años y en el americio 241 es de 458 años.

Las paredes del estanque absorben parte de la radiación y al detector llega sólo un pequeño porcentaje. Los detectores son, en general, detectores de cámara iónica y utilizan amplificadores de corriente continua o de corriente alterna. El instrumento dispone de compensación de temperatura, de linealización de la señal de salida, y de reajuste de la pérdida de actividad de la fuente de radiación. Como desventajas en su aplicación figuran el blindaje de la fuente y el cumplimiento de las leyes sobre protección de radiación. La precisión en la medida es de $\pm 0,5$ a $\pm 2\%$, y el instrumento puede emplearse para todo tipo de líquidos ya que no está en contacto con el proceso. Su lectura viene influida por el aire o los gases disueltos en el líquido.

El sistema se emplea en caso de medida de nivel en estanques de acceso difícil o peligroso. Es ventajoso cuando existen presiones elevadas en el interior del estanque que impiden el empleo de otros sistemas de medición. Hay que señalar que el sistema es caro y que la instalación no debe ofrecer peligro alguno de contaminación radiactiva siendo necesario señalar debidamente las áreas donde están instalados los instrumentos.

Figura 13. Medidor de nivel de radiación



Fuente:http://www.infoplc.net/files/documentacion/instrumentacion_deteccion/infoPLC_net_MEDICION_DE%20NIVEL.pdf

2.2.8 Medidor másico de nivel. La medición directa del contenido másico mediante presión hidrostática precisa de la instalación de una sonda de temperatura y uno de dos transmisores de presión de muy alta exactitud, estabilidad y repetibilidad, separados entre sí por una distancia fija. En el caso de tanques cerrados a presión, es necesario el uso de un tercer transmisor para medir la presión en la parte superior del tanque.

Estando los transmisores separados una distancia fija, la lectura de diferencia de presiones combinada con la temperatura de almacenamiento señalada por una sonda de resistencia Pt 100 permite el cálculo de la densidad estándar del líquido.

Otros factores que influyen son la configuración del tanque, los asentamientos del tanque en el terreno y las variaciones de densidad en las capas del líquido. La exactitud conseguida en el cálculo inventariable del volumen del tanque es de $\pm 1\%$, frente al típico $\pm 0,3\%$ conseguido con un medidor de nivel hidrostático clásico. La exactitud en la medida de la masa llega al $\pm 1\%$ (CREUS, 2010).

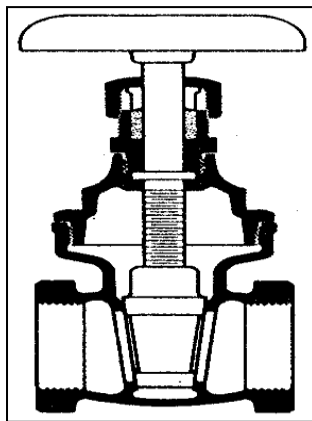
2.3 Válvulas

Debido a las diferentes variables, no puede haber una válvula universal; por tanto, para satisfacer los cambiantes requisitos de la industria se han creado innumerables diseños y variantes con el paso de los años, conforme se han desarrollado nuevos materiales.

Todos los tipos de válvulas recaen en nueve categorías: válvulas de compuerta, válvulas de globo, válvulas de bola, válvulas de mariposa, válvulas de apriete, válvulas de diafragma, válvulas de macho, válvulas de retención y válvulas alivio.

2.3.1 *Válvulas de compuerta.* La válvula de compuerta es de vueltas múltiples, en la cual se cierra el orificio con un disco vertical de cara plana que se desliza en ángulos rectos sobre el asiento.

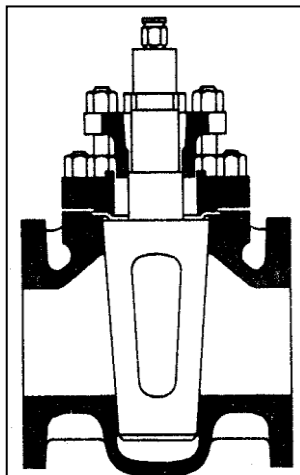
Figura 14. Válvula de compuerta



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus.shtml>

2.3.2 *Válvulas de macho.* La válvula de macho es de $\frac{1}{4}$ de vuelta, que controla la circulación por medio de un macho cilíndrico o cónico que tiene un agujero en el centro, que se puede mover de la posición abierta a la cerrada mediante un giro de 90° .

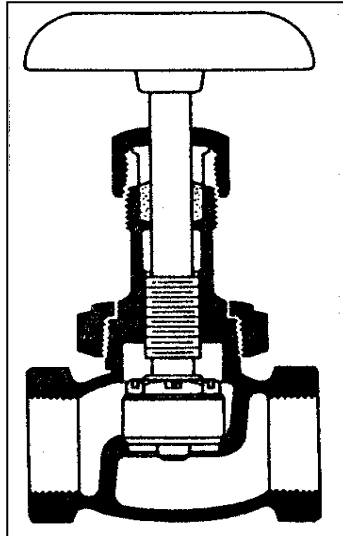
Figura 15. Válvula de macho



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus.shtml>

2.3.3 *Válvulas de globo.* Una válvula de globo es de vueltas múltiples, en la cual el cierre se logra por medio de un disco o tapón que sierra o corta el paso del fluido en un asiento que suele estar paralelo con la circulación en la tubería.

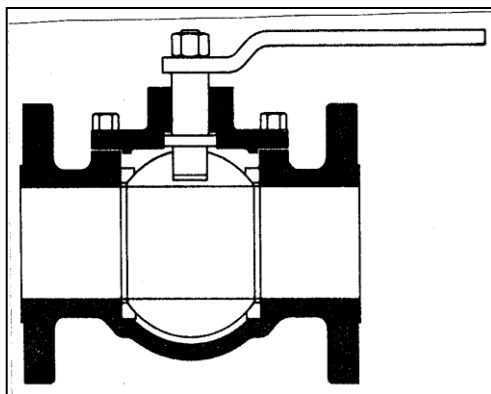
Figura 16. Válvula de globo



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus>.

2.3.4 *Válvulas de bola.* Las válvulas de bola son de $\frac{1}{4}$ de vuelta, en las cuales una bola taladrada gira entre asientos elásticos, lo cual permite la circulación directa en la posición abierta y corta el paso cuando se gira la bola 90° y cierra el conducto.

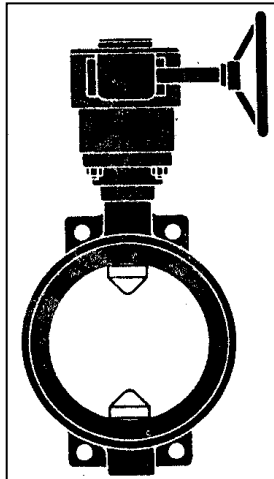
Figura 17. Válvula de bola



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus.shtml>

2.3.5 *Válvulas de mariposa.* La válvula de mariposa es de $\frac{1}{4}$ de vuelta y controla la circulación por medio de un disco circular, con el eje de su orificio en ángulos rectos con el sentido de la circulación.

Figura 18. Válvula de mariposa

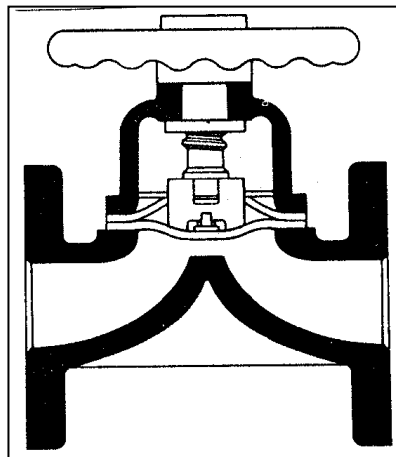


Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus.shtml>

2.3.6 *Válvulas de diafragma.* Las válvulas de diafragma son de vueltas múltiples y efectúan el cierre por medio de un diafragma flexible sujeto a un compresor.

Cuando el vástago de la válvula hace descender el compresor, el diafragma produce sellamiento y corta la circulación.

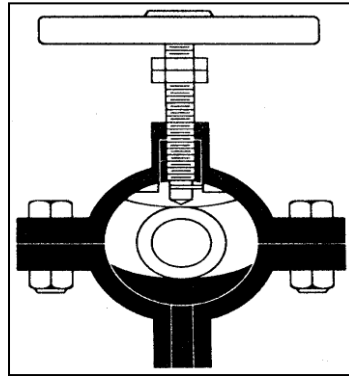
Figura 19. Válvula de diafragma



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus.shtml>

2.3.7 *Válvulas de apriete.* La válvula de apriete es de vueltas múltiples y efectúa el cierre por medio de uno o más elementos flexibles, como diafragmas o tubos de caucho que se pueden apretar u oprimir entre sí para cortar la circulación.

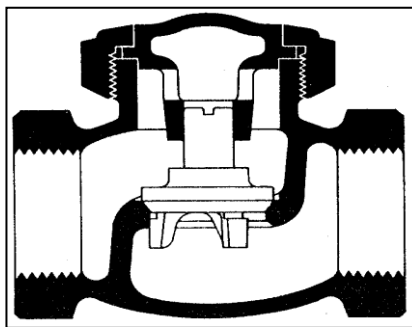
Figura 20. Válvula de apriete



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus.shtml>

2.3.8 *Válvulas de retención.* La válvula de retención está destinada a impedir una inversión de la circulación. La circulación del líquido en el sentido deseado abre la válvula; al invertirse la circulación, se cierra.

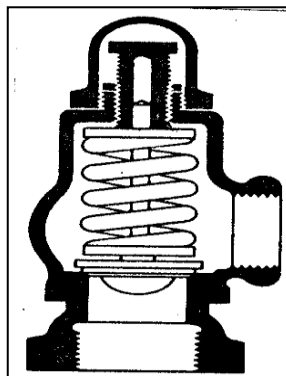
Figura 21. Válvula de retención



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus.shtml>

2.3.9 *Válvulas de alivio.* Una válvula de desahogo es de acción automática para tener regulación automática de la presión.

Figura 22. Válvula de alivio



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus.shtml>

El uso principal de esta válvula es para servicio no comprimible y se abre con lentitud conforme aumenta la presión, para regularla (CAROLII, 2008).

2.4 Sistemas HMI

2.4.1 Sistema SCADA. Es el acrónimo de SUPERVISORY CONTROL AND DATA ASQUISITION (SUPERVISIÓN CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS). Un SCADA es un sistema basado en computadoras que permite supervisar y controlar a distancia una instalación de cualquier tipo.

En la tabla se muestra un cuadro comparativo de las principales características de los sistemas SCADA y los Sistemas de Control Distribuido DCS.

Tabla 1. Características de los sistemas SCADA y los Sistemas de Control Distribuido DCS.

Aspecto	Scada	Dcs
TIPO DE ARQUITECTURA	CENTRALIZADA	DISTRIBUÍDA
TIPO DE CONTROL PREDOMINANTE	SUPERVISORIO: Lazos de control cerrados por el operador. Adicionalmente: control secuencial y regulatorio.	REGULATORIO: Lazos de control cerrados automáticamente por el sistema. Adicionalmente: control secuencial, batch, algoritmos avanzados, etc.
TIPOS DE VARIABLES	DESACOPLADAS	ACOPLADAS
ÁREA DE ACCIÓN	Áreas geográficamente distribuidas.	Área de la planta.
UNIDADES DE ADQUISICIÓN DE DATOS Y CONTROL	Remotas, PLCs.	Controladores de lazo, PLCs.
MEDIOS DE COMUNICACIÓN	Radio, satélite, líneas telefónicas, conexión directa, LAN, WAN.	Redes de área local, conexión directa.
BASE DE DATOS	CENTRALIZADA	DISTRIBUÍDA

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos11/sisco/sisco.shtml>

Un sistema de control distribuido es un conjunto de lazos automáticos de control entre los cuales se establecen jerarquías en las tomas de decisiones intrínsecas del sistema y se caracterizan por realizar acciones de control en forma automática.

En los sistemas SCADA el lazo de control es generalmente cerrado por el operador. Hoy en día es fácil hallar un sistema SCADA realizando labores de control automático en cualquiera de sus niveles, aunque su labor principal sea de supervisión y control por parte del operador (D'SOUZA, 2010).

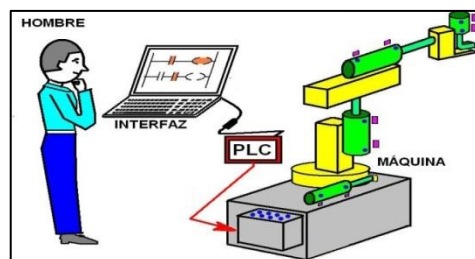
2.4.1.1 Funciones. Dentro de las funciones realizadas por un sistema SCADA están las siguientes:

- Recabar, almacenar y mostrar información, en forma continua y confiable, correspondiente a la señalización del campo, estados de dispositivos, mediciones, alarmas etc.
- Ejecutar acciones de control iniciadas por el operador, tales como abrir o cerrar válvulas, arrancar o parar bombas, etc.
- Alertar al operador de cambios detectados en la planta, tanto aquellos que no se consideren normales (alarmas) como cambios que se produzcan en la operación diaria de la planta (eventos). Estos cambios son almacenados en el sistema para su posterior análisis.

Aplicaciones en general, basadas en la información obtenida por el sistema, tales como: reportes, gráficos de tendencia, historia de variables, cálculos, predicciones, detección de fugas.

2.4.1.2 Interfaz. Un ordenador ayudado de un sistema de información consiste en tres principales componentes: hardware, software y el usuario. La interacción de estos componentes es una de las más importantes partes del sistema: el INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA

Figura 23. Interacción Hombre - Máquina



Fuente: <http://coparoman.blogspot.com/2013/05/15-medio-de-programacion-de-un-robot.html>

2.4.2 Sistemas de control automático

2.4.2.1 Definición. El control automático identifica un papel importante los procesos de manufactura, industriales, navales, aeroespaciales, robótica, biológicos, etc.

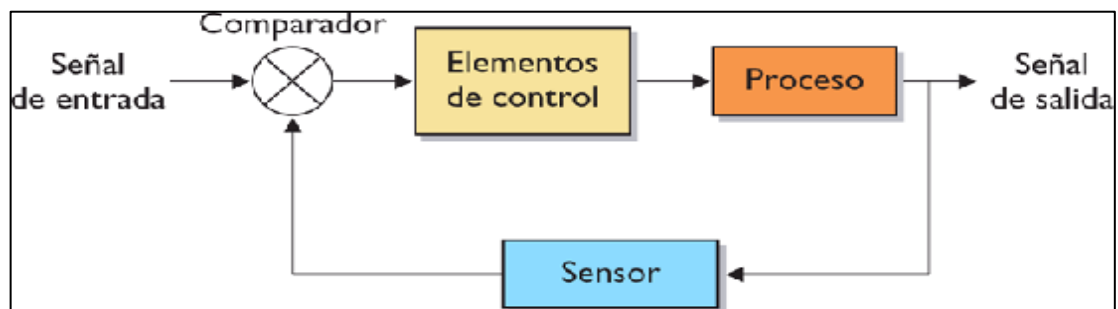
Son sistemas que pretenden la ausencia de un operador para que se realicen las operaciones necesarias dentro de un proceso cualesquiera. Pueden ser en lazo abierto o en lazo cerrado.

2.4.2.2 Sistemas de control en lazo cerrado. También llamado sistema de control realimentado, es aquel que compara la salida del sistema con la entrada de referencia y usa la diferencia como medio de control para obtener una salida deseada.

Tienen además las características lo que no requieren de un operador al poseer un sistema de medición y actuación por lo que también se los llama sistemas de control automático

Son sistemas de tipo robusto que resisten perturbaciones internas y externas por lo que debido a la realimentación la salida se obtendrá en valores convenientes

Figura 24. Sistema de control en lazo cerrado



Fuente: <http://guinea-edeso.blogspot.com/2012/02/ejemplos-de-control-en-lazo-cerrado.html>

En los sistemas de control de lazo cerrado intervienen:

- *Proceso.* Operación que conduce a un resultado determinado.
- *Planta.* Es el elemento físico que se desea controlar y puede ser: un motor, un horno, un sistema de disparo, un tanque de combustible.

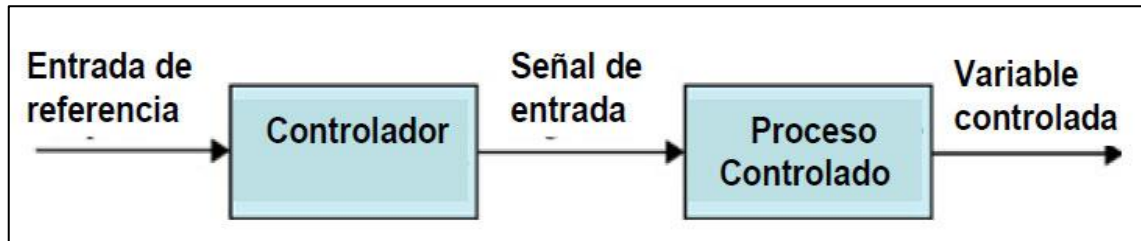
- *Sistema.* Consiste en un conjunto de elementos que actúan coordinadamente para realizar un objetivo determinado.
- *Señal de salida.* Es la variable que se desea controlar (posición, velocidad, presión, nivel etc.).
- *Señal de referencia.* Es el valor que se desea alcanzar la señal de salida.
- *Error.* Es la diferencia entre la señal de referencia y la señal de salida real.
- *Señal de control.* Es la señal que produce el controlador para modificar la variable controlada de tal forma que se disminuya o elimine el error.
- *Señal análoga.* Es la señal continua en el tiempo.
- *Señal digital.* Es una señal que solo toma valores de 0 y 1. El PC solo envía y/o recibe señales digitales.
- *Convertor análogo/digital.* Es un dispositivo que convierte una señal análoga a una señal digital (1 y 0).
- *Convertor digital/análogo.* Es un dispositivo que convierte una señal digital a una señal análoga (corriente o voltaje).
- *Perturbación.* Es una señal que tiende a afectar la salida del sistema, desviándola del valor deseado.
- *Sensor.* Es un dispositivo que convierte el valor de una magnitud física (presión, flujo, temperatura) en una señal eléctrica codificada ya sea en forma analógica o digital. También es llamado transductor.
- *Actuador.* Es un dispositivo que produce la entrada para la planta de acuerdo con la señal de control.
- *Transmisor.* Es en conjunto un sensor que convierte el valor de una magnitud física, en una señal eléctrica normalizada sea esta digital o análoga; y un circuito de acondicionamiento que permite su manejo.

2.4.2.3 Sistemas de control en lazo abierto. Son sistemas en los cuales la salida no afecta la señal de control, es decir que el sistema de control en lazo cerrado no mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada.

En cualquier sistema de control en lazo abierto, la salida no se compara con la entrada de referencia, por tanto a cada entrada de referencia le corresponde una condición operativa fija; como resultado la precisión del sistema depende de la calibración ante la

presencia de perturbaciones este sistema de control, no realiza la tarea deseada. En la práctica, este tipo de control solo se usa si se conoce la relación entre la entrada y la salida y si no hay perturbaciones externas e internas.

Figura 25. Sistema de control en lazo abierto



Fuente:<http://www.publicaciones.urbe.edu/index.php/REDHECS/article/viewArticle/615/1563>

2.4.2.4 Comparación entre estos dos tipos de sistemas. Una ventaja del sistema de control de lazo cerrado es que el uso de la realimentación vuelve la respuesta del sistema relativamente insensible a las perturbaciones externas y a las variaciones internas en los parámetros del sistema.

Desde el punto de vista de la estabilidad, el sistema de control en lazo abierto, es más fácil de desarrollar, porque la estabilidad del sistema no es un problema importante. Por otra parte la estabilidad es una función principal en el sistema de control en lazo cerrado.

Para los sistemas que se conocen en anticipación las entradas y en los cuales no hay perturbaciones, es aconsejable usar un control en lazo abierto. Los sistemas de control en lazo cerrado solo tienen ventajas cuando se presentan perturbaciones impredecibles en los componentes del sistema. La cantidad de elementos utilizados en un sistema de control en lazo cerrado es mayor que la que se utiliza para un sistema de control en lazo abierto equivalente.

Para disminuir la energía requerida de un sistema, se emplea un control en lazo abierto cuando puede aplicarse. Por lo general, una combinación adecuada de controles en lazo abierto y lazo cerrado es menos costosa y ofrecerá un desempeño satisfactorio del sistema en general (JUNTA DE ANDA, 2007).

CAPÍTULO III

3. DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS PARA EL CONTROL DE NIVEL DE LÍQUIDOS

3.1 Análisis y definición del sistema

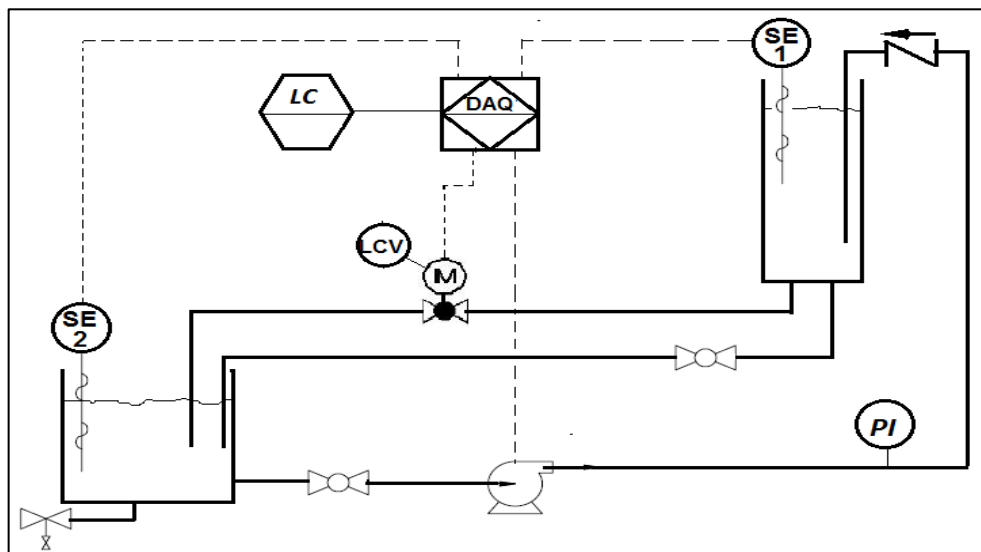
El presente trabajo tiene por objetivo implementar un banco para el control de nivel de líquidos nuevo en el laboratorio de Instrumentación Industrial para seguir equipando el mismo con las exigencias de la industria en el cual los estudiantes puedan realizar prácticas en el control de procesos industriales que representa un sistema real.

El banco de pruebas es básicamente un circuito cerrado de agua, en el cual se suministra líquido desde el tanque dos hacia el tanque uno en donde se realiza la medición y el control de nivel, está construido por sistemas requeridos por las características de los instrumentos y accesorios adquiridos; estos sistemas son de agua, eléctrico y control.

El sistema de agua contiene dos tanques contruidos de una fibra de vidrio templado de 6mm de espesor y tiene una resistencia a la tracción de lo suficiente para soportar los esfuerzos del líquido y manipulación es un material duro, muy resistente a los golpes para manipularlos; tanque dos cuya capacidad es de 75600 centímetros cúbicos y otro principal cuya capacidad es de 50000 centímetros cúbicos en el cual se realiza la medición y el control de agua. Además bombeo de agua al tanque principal se lo realiza por medio de una bomba, y esta es alimentada por la red y suministra caudal constante por medio de una tubería, codos para cambiar la dirección de flujo y reducciones, además en este tramo se ubicó una válvula check para que no regrese el fluido del tanque principal al reservorio mientras que el caudal de salida del tanque principal es llevado al tanque reservorio a través de una tubería y accesorios en la cual se tiene una válvula proporcional de control, formando así un circuito cerrado de agua además de una línea de desfogue del tanque reservorio.

También se colocó válvulas de bola o esfera para cerrar las tuberías cuando se requiera para mantenimiento o cualquier acción para que no fugue el fluido almacenado, uniones universales para su fácil montaje y desmontaje de accesorios, manómetros para visualizar presiones; la tubería, accesorios son de PVC que se caracteriza por sus altas propiedades físicas y resistencia a la corrosión, soporta temperaturas de hasta 60°C sin embargo es vulnerable a algunos hidrocarburos clorinados y aromáticos. La medición del nivel de líquido en el tanque principal se la hace mediante un sensor ultrasónico.

Figura 26. Esquema del sistema de agua



Fuente: Autores

El sistema eléctrico contiene los siguientes elementos:

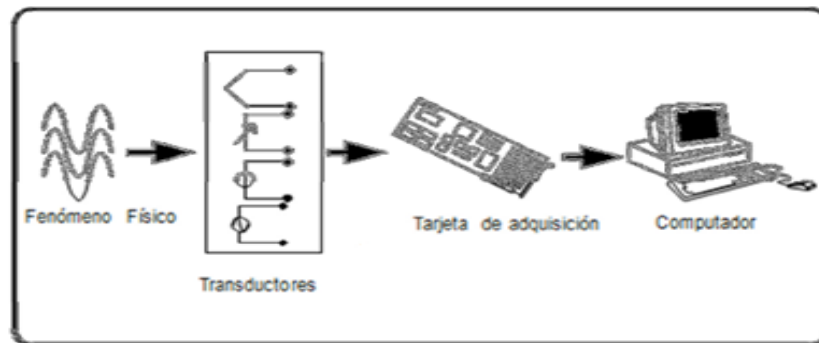
- Relés
- Cables
- Lámparas
- Borneras
- Tomacorriente auxiliar doble
- Enchufe
- Regulador de voltaje de 110 VCA a 12VCD

Las conexiones eléctricas de estos elementos para el funcionamiento del banco se encuentran en el apartado de diseño eléctrico.

El sistema de control contiene los siguientes elementos:

NI-DAQ USB 6008 que un controlador de tipo digital que se sirve de un sistema de adquisición y salida de datos, el cual, está conectado a un computador digital en donde se realiza el control por software y a través de una interfaz gráfica. Además este sistema es la parte principal del equipo pues aquí se encuentra los circuitos que controlan al banco.

Figura 27. Sistema de adquisición de datos



Fuente: www.ni.com

3.2 Selección de instrumentos de medida y control

3.2.1 Sensor ultrasónico. Se utilizó dos sensores ultrasónicos LV-MaxSonar-EZ4 cuya aplicación es: sensor de obstáculos, nivel, distancia, parking, etc. Posee tres tipos de salida: voltaje analógico, ancho de pulso, comunicación serial

Figura 28. Sensor Ultrasónico LV-MaxSonar-EZ4.



Fuente: www.maxbotix.com

El sensor ultrasónico LV-MaxSonar-EZ4 tiene las siguientes características:

- Bajo Voltaje de Operación: Provee un gran desempeño a 3.3V o 5V, por lo que los usuarios de micro controladores de bajo voltaje no necesitan una fuente de alimentación adicional para el sensor.
- Sin Zona Muerta: El sensor LV-MaxSonar no tiene línea de zona muerta. Otros sensores ultrasónicos medidores de distancia (especialmente de un solo sensor) tienen zonas muertas, algunas mayores que 6 pulgadas. Las zonas muertas son problemáticas para muchas aplicaciones (por ejemplo robots mini-sumo y robots seguidores de pared).
- Simple Calibración: Los productos LV-MaxSonar se calibran automáticamente, después del encendido y antes de tomar la primera lectura. (En ambientes puertas adentro normales, no se requiere otra calibración.)
- Fácil Interfaz de Usuario: La interfaz de usuario del LV-MaxSonar-EZ4 ha sido diseñada para ser usado de manera muy intuitiva y fácil. Los formatos de interfaz de salida incluyen salida por ancho de pulso, salida de voltaje analógico, y salida digital serial asíncrona. Todas las interfaces trabajan sin código de usuario o cadenas de configuración complicadas.

Información general del componente:

- Resolución de 1 pulgada.
- Velocidad de lectura 20 Hz.
- 42kHz Sensor ultrasónico mide la distancia a los objetos.
- RoHS.
- Leer de las 3 salidas del sensor: Voltaje analógico, Serial, Pulso Ancho.
- Prácticamente no hay zona muerta sensor, objetos a menos de 6 pulgadas van como 6 pulgadas.
- Alcance máximo de 254 pulgadas (645 centímetros).
- Funciona desde 2.5-5.5 V.
- Bajo 2.0 mA requisito actual promedio.
- Módulo pequeño, ligero.
- Diseñado para una fácil integración en su proyecto o producto. (BLOG DE CONTROL DE ACCESOS, 2008).

3.2.2 Servoválvula. Una válvula controlada electrónicamente o servoválvula se llevará una señal eléctrica de entrada y la proporción de la cantidad de flujo a través de una tubería desde totalmente cerrado a totalmente abierto. Estas válvulas se utilizan en los controles de automatización industrial como actuadores proporcionales y otras aplicaciones de control industrial. Actuando que, a medida que aumenta la señal eléctrica, la válvula permite un mayor flujo, mientras acción inversa se reduce la velocidad de flujo con una señal eléctrica cada vez mayor por lo que es la que controlara el fluido en el banco de control de nivel del presente trabajo.

Los elevados costos para adquirir una servoválvula en el mercado debido a los materiales que la componen son de gran calidad, operan con una gran precisión de manera continua con poca probabilidad de fallo para satisfacer las necesidades de las industrias y sin fines académicos, se optó por construir una servoválvula adquiriendo los componentes necesarios que son: motor (VCD) y el cuerpo de válvula de control (actuador) adquiridos en el mercado.

El motor (VCD) es la fuente que genera la fuerza motriz para que el actuador se sitúe en una posición concreta para que controle el porcentaje de apertura o cierre mediante una señal eléctrica de control desde la DAQ USB 6008.

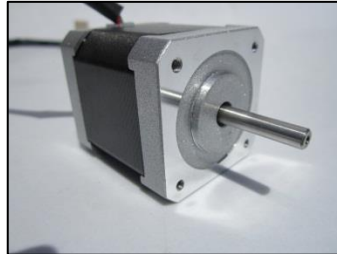
3.2.2.1 Parte motriz. Se utilizó un motor paso a paso NEMA 17 STP-MTR-17048 que son de diámetro pequeño y se usan en aplicaciones pequeñas, requieren de poco voltaje y el torque puede llegar hasta 4 Kg/cm.

Características

- La interfaz eléctrica de control una fuente de pulsos de pasos como control de tren de pulsos. La señal puede ser drenadora (NPN), surtidora (PNP) o diferencial.
- Si su uso requiere rotación bidireccional, usted también necesitará una señal de dirección. Esta señal puede también ser drenadora (NPN), surtidora (PNP) o diferencial.
- Un motor paso a paso compatible.
- Dimensiones: 5 milímetros del eje.
- Par: 43 N.cm.

- Está equipado con un conector Molex de 4 vías y 80 cm cables.
- Los cables están encerrados dentro de un manga termocontraíble. (MOTORES PASO A PASO SURESTEPS TM, 2011).

Figura 29. Motor paso a paso



Fuente: Autores

3.2.2.2 Válvula de control (actuador). La válvula de control generalmente constituye el último elemento en un lazo de control instalado en la línea de proceso y se comporta como un orificio cuya sección de paso varia continuamente con la finalidad de controlar un caudal en una forma determinada.

Debido a las diferentes variables, no puede haber una válvula universal; por tanto, para satisfacer los cambiantes requisitos de la industria se han creado innumerables diseños y variantes con el paso de los años, conforme se han desarrollado nuevos materiales.

Por lo que su elección es esencial para operar con normalidad dentro de su vida útil aumentando la confiabilidad del proceso y no afecte los costos de la organización, los parámetros que depende su elección son: Tipo de fluido, material, presión, temperatura, ambiente de trabajo, etc.

El fluido a emplear es agua que va a operar a una altura máxima de 57,3 centímetros, trabajando en condiciones naturales o normales a temperatura ambiente en donde la influencia de esta no afectara al proceso.

Los materiales de construcción son importantes para el cuerpo y las guarniciones de la válvula, los elementos en contacto con el fluido deben acondicionarse a la resistencia y corrosión para que no existan daños imprevistos o problemas en su rendimiento.

Por lo que su elección es esencial para operar con normalidad dentro de su vida útil aumentando la confiabilidad del proceso y no afecte los costos de la organización, los parámetros que depende su elección son: tipo de fluido, material, presión, temperatura, ambiente de trabajo, etc.

El aspecto más importante la característica de flujo de la válvula es un aspecto de gran importancia en su selección. La característica de flujo en las válvulas tiene como objetivo principal indicar como varia la ganancia en la válvula para compensar los cambios en la ganancia del proceso cuando cambian las cargas.

A medida que el elemento de cierre se aproxima al asiento, la sección de paso se reduce y por tanto aumenta la pérdida de carga disminuyendo el caudal, por lo que la característica más importante de la válvula de control es una característica lineal. Una vez realizado un análisis debido a diferentes parámetros se escogió la válvula de globo marca FLV ½ pulgada ya que la tubería de descarga es de esta medida.

Figura 30. Válvula de globo manual



Fuente: Autores

3.2.2.2 Acoplamiento motor-válvula. Este trabajo se realizó mediante un torno, haciendo un agujero de diámetro del eje del motor en el centro del vástago de la válvula y paralelo a este, y se acoplaron mediante un pasador entre estos dos elementos. Además se construyó una base de platina para evitar el movimiento circular del estator con la carcasa que se montaron en la parte de la válvula con la ayuda de una arandela para sostener su base.

El control del motor paso a paso de la servoválvula se realizara mediante pulsos para realizar la apertura o cierre de la válvula entre 0% y 100% los pulsos y para saber su posición entre abierto y cerrado se utilizó dos finales de carrera.

Figura 31. Servoválvula



Fuente: Autores

3.3 Selección del tipo de bomba

Las bombas se fabrican en muchos tamaños y formas con varios mecanismos dando diferentes principios de funcionamiento de bombeo necesarias para aplicaciones diversas.

La bomba dentro del banco de pruebas del control de nivel de líquidos básicamente va a permitir el ingreso de caudal constante tanque designado a controlar la variable nivel por lo que para su selección se toma los siguientes criterios y aspectos.

- Voltaje de alimentación disponible para la bomba. (monofásica 110 VCA).
- Dimensiones generales que se adapten adecuadamente al módulo.
- Peso neto adecuado para no ocasionar sobrecargas o de nivel produciendo futuros daños.
- Potencia de descarga suficiente para elevar el líquido al tanque controlado.
- Disponibilidad en el mercado y costos.
- Diámetros adecuados para proporcionar un caudal suficiente para no tardar el tiempo de llenado.

Figura 32. Bomba



Fuente: Autores

Los datos y características técnicas de esta bomba son las siguientes:

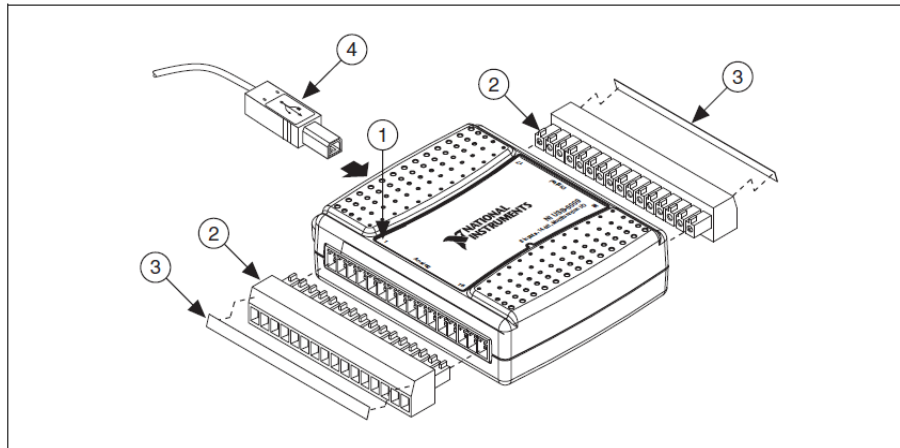
- Modelo: Pompa monofase QB-60.
- Capacidad máxima (L/min): 40.
- Cabezal máximo (m): 35
- Altura máxima de succión (m): 5
- Potencia (HP): 0,5
- Voltaje (V): 110
- Amperaje (A): 4,6
- Frecuencia (Hz): 60
- Revoluciones por minuto (RPM): 3400
- Diámetro de bomba (1") : 1" * 1"

3.4 Controlador

El controlador utilizado para el banco de control de nivel de líquidos es la tarjeta de adquisición de datos NI-DAQ USB 6008 como se muestra en la figura 33 y sus partes principales son:

- Etiqueta de la cubierta con las guías de orientación de los pines (1).
- Jack Bornera (2).
- Signo de la etiqueta (3).
- Cable USB (4).

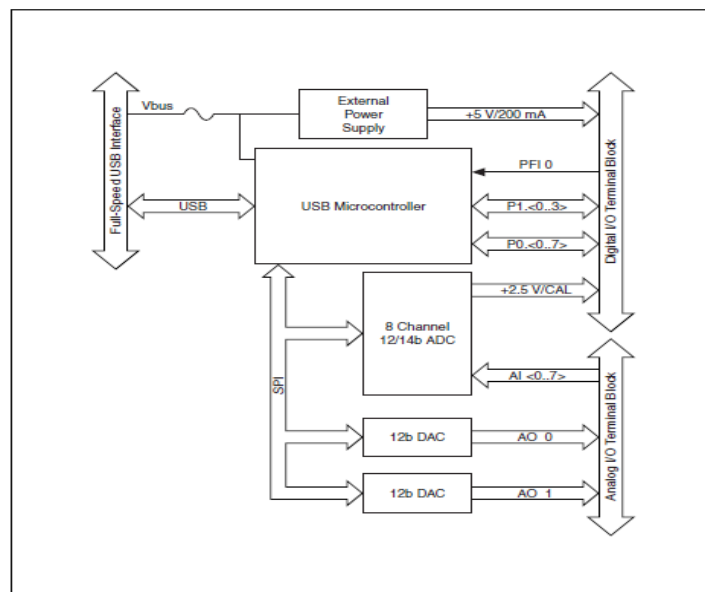
Figura 33. Signal label application diagram



Fuente: http://www.physics.ucc.ie/fpetersweb/FrankWeb/courses/PY3108/Labs/USB6008_Manual.pdf

El USB-6008 de National Instruments brinda funcionalidad de adquisición de datos básica para aplicaciones como registro de datos simple, medidas portátiles y experimentos académicos de laboratorio. Es accesible para uso de estudiantes, pero lo suficientemente poderoso para aplicaciones de medida más sofisticadas. Utilice el NI USB-6008 que incluye el software registrador de datos para empezar a tomar medidas básicas en minutos o prográmelo usando LabVIEW o C y el software de servicios de medida NI-DAQmx Base para un sistema de medida personalizado.

Figura 34. Diagrama de bloques de componentes funcionales USB 6008



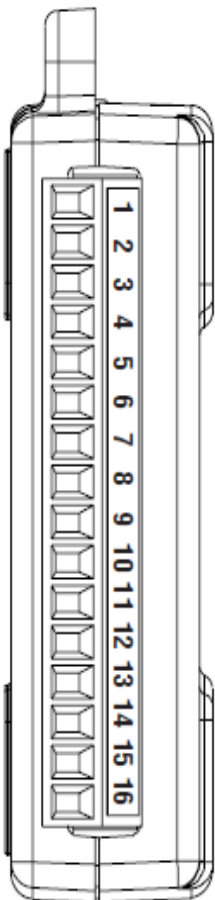
Fuente: http://www.physics.ucc.ie/fpetersweb/FrankWeb/courses/PY3108/Labs/USB6008_Manual.pdf

Los USB-6008/6009 vienen con un bloque de terminales de tornillos extraíble para señales analógicas y un bloque de terminales de tornillos extraíble para señales digitales.

Estos bloques de terminales ofrecen 16 conexiones que utilizan 16 AWG a 28 AWG.

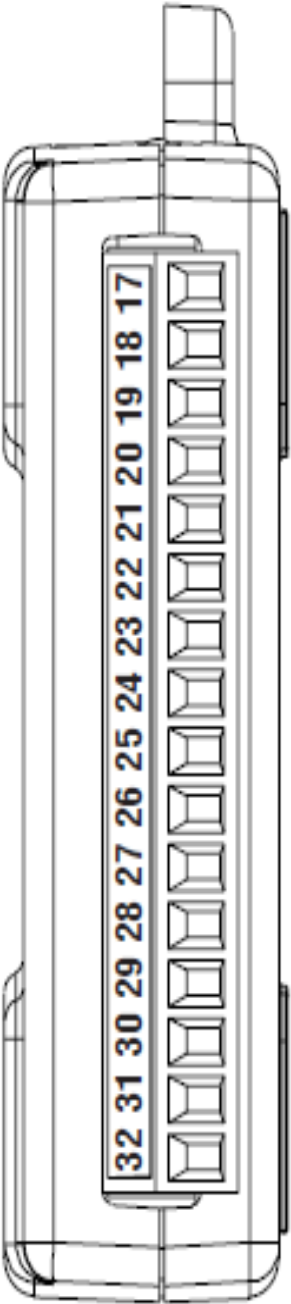
El diagrama de bloques siguiente muestra los componentes funcionales clave de la USB-6008/6009.

Tabla 2. Terminales analógicas de la NI_DAQ 6008

Module	Terminal	Signal, Single-Ended Mode	Signal, Differential Mode
	1	GND	GND
	2	AI 0	AI 0+
	3	AI 4	AI 0–
	4	GND	GND
	5	AI 1	AI 1+
	6	AI 5	AI 1–
	7	GND	GND
	8	AI 2	AI 2+
	9	AI 6	AI 2–
	10	GND	GND
	11	AI 3	AI 3+
	12	AI 7	AI 3–
	13	GND	GND
	14	AO 0	AO 0
	15	AO 1	AO 1
	16	GND	GND

Fuente: http://www.physics.ucc.ie/fpetersweb/FrankWeb/courses/PY3108/Labs/USB6008_Manual.pdf

Tabla 3. Terminales digitales, sincronización y alimentación Vcc NI-DAQ 6008

Module	Terminal	Signal
	17	P0.0
	18	P0.1
	19	P0.2
	20	P0.3
	21	P0.4
	22	P0.5
	23	P0.6
	24	P0.7
	25	P1.0
	26	P1.1
	27	P1.2
	28	P1.3
	29	PFI 0
	30	+2.5 V
	31	+5 V
	32	GND

Fuente: http://www.physics.ucc.ie/fpetersweb/FrankWeb/courses/PY3108/Labs/USB6008_Manual.pdf

Tabla 4. Descripción de las señales de los pines de NI-DAQ USB 6008

NOMBRE DE LA SEÑAL	REFERENCIA	DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN
GND	-	-	Tierra.- Punto de referencia para señales de voltajes y corrientes analógicas y digitales (IN/OUT).
AI(0...7)	Varios	Input	Entradas analógicas.
AO0	GND	Output	Salida analógica AO.0
AO1	GND	Output	Salida analógica AO.1
PI(0...3) PO(0...7)	GND	Input or Output	Señales digitales de IN/OUT (configurables)
+2.5 V	GND	Output	Alimentación de 2.5 Vcc.
+ 5 V	GND	Output	Alimentación de 5 Vcc. A 200 mA.
PFI0	GND	Input	PFI 0.- Configurable tanto para un disparo digital como para un contador de eventos.

Fuente: http://www.physics.ucc.ie/fpetersweb/FrankWeb/courses/PY3108/Labs/USB6008_Manual.pdf

Tabla 5. Especificaciones técnicas de la DAQ USB 6008

General	
Producto	USB-6008
Familia de productos	DAQ Multifunción
Formato físico	USB
Número de parte	779051-01
Sistema operativo/objetivo	Linux , Mac OS , Pocket PC , Windows
Familia de productos DAQ	Serie B
Tipos de medida	Voltaje
Tipo de aislamiento	None
Compatibilidad con RoHS	Sí
Potencia USB	Energizado por Bus
Entrada analógica	
Canales	4 , 8
Canales de una sola terminal	8
Canales diferenciales	4
Resolución	12 bits
Velocidad de muestreo	10 kS/s
Rendimiento (Todos los Canales)	10 kS/s
Máx. voltaje de entrada analógica	10 V
Rango de voltaje máximo	-10 V , 10 V
Precisión máxima del rango de voltaje	138 Mv
Rango de voltaje mínimo	-1 V , 1 V
Mínima precisión del rango de voltaje	37.5 mV
Número de rangos	8
Muestreo simultáneo	No
Memoria interna	512 B
Salida analógica	
Canales	2
Resolución	12 bits
Máx. voltaje de entrada analógica	5 V
Rango de voltaje máximo	0 V , 5 V
Precisión máxima del rango de voltaje	7 mV

Tabla 5 (Continuación)

Rango de voltaje mínimo	0 V , 5 V
Mínima precisión del rango de voltaje	7 mV
Razón de actualización	150 S/s
Capacidad de corriente simple	5 mA
Capacidad de corriente total	10 mA
E/S Digital	
Canales bidireccionales	12
Canales de entrada únicamente	0
Canales de salida únicamente	0
Temporización	Software
Niveles lógicos	TTL
Entrada de flujo de corriente	Sinking , sourcing
Salida de flujo de corriente	Sinking , sourcing
Filtros de entrada programables	No
¿Soporta estados de encendido programables?	No
Capacidad de corriente simple	8.5 mA
Capacidad de corriente total	102 mA
Temporizador watchdog	No
¿Soporta protocolo de sincronización para E/S?	No
¿Soporta E/S de patrones?	No
Máximo rango de entrada	0 V , 5 V
Máximo rango de salida	0 V , 5 V
Contadores/temporizadores	
Número de contadores/temporizadores	1
Operaciones a Búfer	No
Eliminación de rebotes	No
Sincronización GPS	No
Rango máximo	0 V , 5 V
Resolución	32 bits
Estabilidad de tiempo	50 ppm
Niveles lógicos	TTL

Tabla 5 (Continuación)

Especificaciones físicas	
Longitud	8.51 cm
Ancho	8.18 cm
Altura	2.31 cm
Conector de E/S	Terminales de tornillo
Temporización/disparo/sincronización	
Disparo	Digital
Bus de sincronización (RTSI)	No

Fuente: <http://sine.ni.com/nips/cds/print/p/lang/es/nid/201986>

3.5 Diseño eléctrico

El sistema eléctrico del banco de pruebas de caudal consta de los siguientes elementos:

- Elementos de protección
- Elementos de apertura y cierre
- Elementos indicadores
- Conexiones eléctricas
- Aparatos de accionamiento

3.5.1 Elementos de protección. No hay elementos de protección en el tablero de control para cada uno de los instrumentos, sensor ultrasónico y para la servoválvula, bomba que utiliza fuente de alimentación externa sin embargo están protegidos por el circuito de diodos rectificadores y por el mismo accionador de emergencia del sistema.

3.5.2 Elementos de apertura y cierre. Los relés eléctricos tienen la capacidad de activar sus contactos mediante la señal que emite la NI-DAQ USB 6008 para dar paso de líneas de voltaje para activar la bomba y la servoválvula.

Para el banco utilizamos interruptores de encendido y apagado (on/off), estos sirven para accionar los elementos para entrar en funcionamiento o dar señales y permitir que el sistema cumpla con el propósito deseado. También estos permiten el corte de corriente por cualquier motivo que se presente, y luego solucionado el problema a la vez permite restaurar el paso de la corriente denominado como emergencia.

3.5.3 Elementos indicadores de luz. Lámparas que permiten encenderse o apagarse de acuerdo las condiciones que se encuentre el funcionamiento del banco de pruebas de control de nivel, indicando tanto el normal funcionamiento como anomalías presentadas.

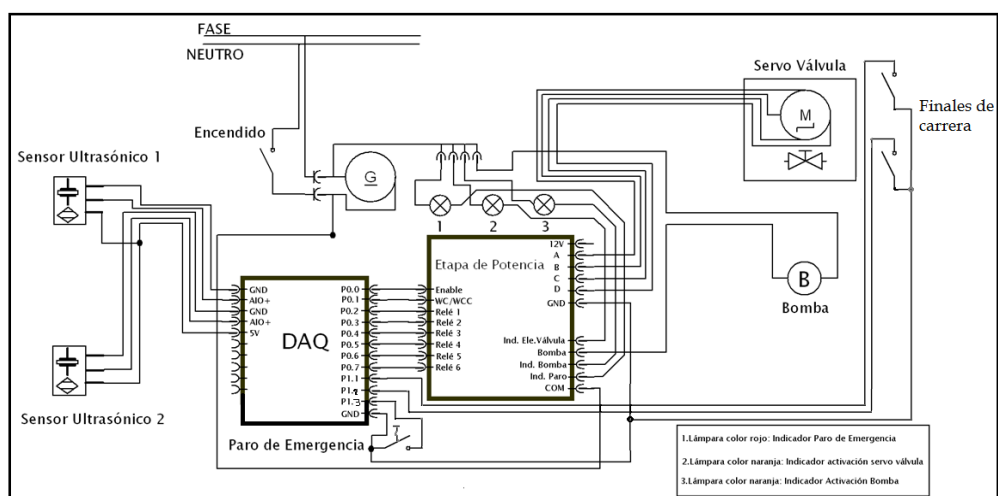
3.5.4 Conexiones eléctricas. Conexión eléctrica es el conductor eléctrico de interconexión de dos elementos, componentes o aparatos eléctricos entre sí, o en algunas ocasiones incluso la interconexión de un elemento entre dos puntos propios diferenciados.

Para la conexión eléctrica de la fuente de 12 VCD se utilizó un tomacorriente doble de 110 VCA donde se conecta este adaptador para que entregue el VCD para los elementos que necesitan este tipo de alimentación. El conductor eléctrico utilizado para todas las conexiones en general es de acuerdo a los voltajes y corrientes utilizadas para cada elemento del banco en este caso 18 AWG.

3.5.5 Elementos de accionamiento. Los aparatos de accionamiento son los que van a ejecutar la función que han sido destinados, entre éstos son los instrumentos, bomba y válvula proporcional de control.

En la figura 35 se detalla el sistema eléctrico del banco de pruebas de nivel.

Figura 35. Diseño eléctrico del sistema



Fuente: Autores

3.5.6 Tarjeta electrónica de potencia. La etapa de alimentación de la tarjeta está compuesta por los capacitores C9, C10 e IC4, los capacitores son los encargados de filtrar el ruido tanto a la entrada como a la salida de IC4 el cual es un regulador de voltaje de 5Vdc, voltaje necesario para el correcto funcionamiento del resto de circuitos integrados.

La etapa de control de motor paso a paso está compuesta por IC1, IC2 e IC6 y sus elementos asociados, IC1 es un controlador de motores paso a paso, éste es el encargado de generar las señales para comandar el movimiento del motor de acuerdo a los pines CW/CCW (horario/antihorario), Clock (señal de reloj), H/F (Paso Completo/Medio Paso), Enable (Habilitación). La señal de reloj, es decir, la velocidad a la que gira el motor es generada por IC6 y sus elementos asociados, por defecto el motor trabaja a paso completo; tanto el sentido de giro y la habilitación del controlador se comandan desde la DAQ.

El subcircuito formado por C8, R15 y R16 es el encargado de proveer de una referencia de voltaje proporcional a la corriente aplicada al motor.

IC2 es un driver para motores paso a paso, éste integrado recibe las señales provenientes de IC1 y las amplifica para proveer al motor la corriente necesaria para su movimiento.

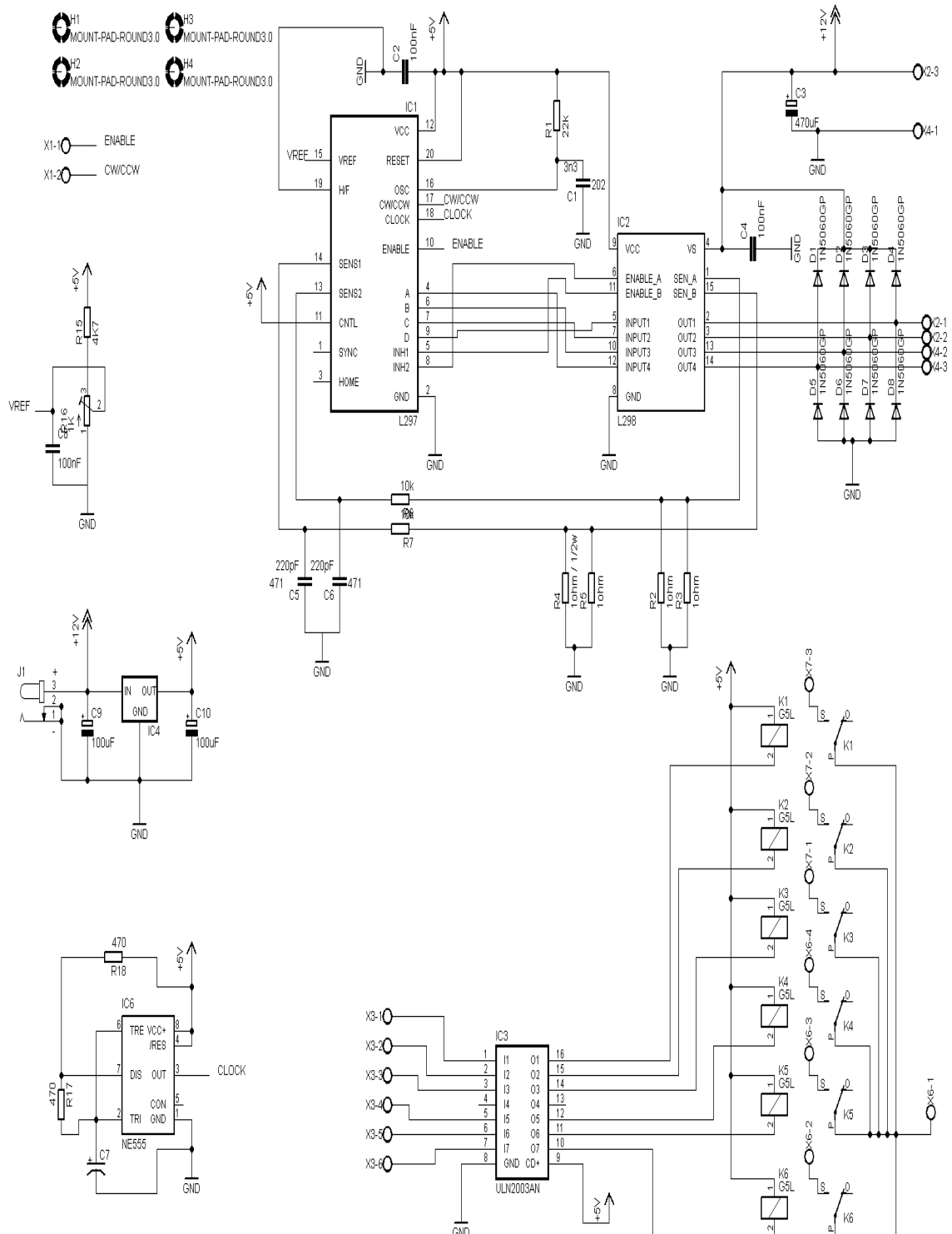
IC3 es un arreglo de transistores configurados en emisor común con colector abierto, a sus entradas recibe las señales provenientes de la DAQ y a sus salidas activa el relé correspondiente, en conjunto actúan como aisladores entre las señales de control y las de potencia.

3.5.7 Terminales de conexión. Las borneras X1.1, X1.2, X3.1, X3.2, X3.3, X3.4, X3.5, X3.6 son terminales de entrada, a éstos se conectan las salidas de la DAQ.

- X1.1 Enable (encendido de la servo válvula)
- X1.2 CW/CCW (Control del sentido de giro)
- X3.1 Lámpara piloto de Servoválvula (lámpara color ámbar)
- X3.2 Encendido de la bomba

- X3.3 Lámpara piloto de la bomba (lámpara color ámbar)
- X3.4 Lámpara piloto de Paro de emergencia

Figura 36. Circuitos tarjeta de potencia



Fuente: Autores

3.6 Estructura del banco

Después de determinar los sistemas de agua, eléctrico y control, que dan el detalle de los accesorios, tuberías, cableado, etc. que se va a ocupar lo que permite determinar la forma y dimensionamiento de la estructura del banco.

La forma de una mesa rectangular con dos compartimientos: ésta forma permite observar todos los instrumentos, elementos y manipularlos. Las dimensiones del banco son: la base de 1000 milímetros, la altura de 800 milímetros y el ancho de 500 milímetros.

La estructura de los compartimientos se encuentra cubierta con una base de madera para los tanques, la bomba y el tablero, y además cuenta con soportes para la tubería. La bomba, compresor y tanque son fijados con pernos, la tubería es fijada con abrazaderas; todos estos a la estructura y sistemas.

La estructura está construida con tubo cuadrado de perfil ASTM A 36 que tiene las siguientes propiedades mecánicas: 1" X 1", espesor 1.10 milímetros, resistencia a la tracción y resistencia a la fluencia suficientes para soportar las cargas, esta estructura no tiene pesos relevantemente pesados por lo que es innecesario realizar al análisis de tensiones.

Figura 37. Estructura del banco



Fuente: Autores

CAPÍTULO IV

4. INSTALACIÓN Y MONTAJE DEL BANCO DE PRUEBAS

4.1 Generalidades

El funcionamiento correcto del banco de control de nivel requiere tanto de una cierta secuencia para su puesta en marcha, como del correcto funcionamiento de cada una de sus partes, elementos, instalados correctamente y calibrados. Por tal motivo, en que se realizaran pruebas cuyos resultados permiten determinar las características de funcionamiento de cada uno de los componentes principales y ser usados como referencias para posteriores análisis así como de un mantenimiento adecuado para alargar la vida útil del mismo y una correcta utilización para el no deterioro de los instrumentos sensibles ya que esto también influye mucho en industrias para ser más efectivos con productos de excelencia calidad y conseguir una mejora continua orientada a que el cliente se sienta satisfecho y respetando el medio ambiente.

4.1.1 *Normas para los instrumentos de medición de nivel.* En la norma ISO 9000-2000 desaparece la idea de predeterminado y sistemático, cambiando la exigencia de procedimientos documentados por la de procesos adecuados, siendo uno de sus objetivos principales el aumento de la satisfacción del cliente. El número de estándares queda reducido a las siguientes especificación:

- ISO 9000: FUNDAMENTOS DE LA GESTIÓN DE LA CALIDAD Y TERMINOLOGÍA.
- ISO 9001: REQUISITOS DEL PROYECTO, FABRICACIÓN, INSTALACIÓN Y SERVICIOS DE PRODUCTOS.
- ISO 9004: SISTEMAS DE DIRECCIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LA CALIDAD.
- ISO 19001: AUDITORÍAS DE GESTIÓN DE CALIDAD.
- ISO 10012: SISTEMA DE GESTIÓN DE LAS MEDIDAS METROLÓGICAS.
(CREUS, 2010).

4.1.2 Calibración de instrumentos. Desde el punto de vista de calibración de los instrumentos, la norma más importante es la ISO 9001 de la que se cita una información adicional.

Los requisitos que se establecen en esta norma tienen como objetivo fundamental evitar productos no conformes en todas las etapas, desde el proyecto del producto hasta el final de su vida útil.

La norma describe los 20 apartados que una compañía, debe implementar para lograr unos resultados económicos satisfactorios y es además una base excelente para realizar esfuerzos de mejora continua con vistas a la satisfacción del cliente.

En general, el sector industrial cumple la norma ISO 9000-1994, por lo que se recomienda que aporte un plan estratégico de requerimientos adicionales y criterios de nivel correcto de cumplimiento.

Con relación al apartado de equipos de “inspección, medida y ensayo”, el sistema de calidad ISO 9001 establece que el suministrador de un producto debe aportar una confirmación metrológica (conjunto de operaciones necesarias para asegurar que el equipo de medición cumple con los requisitos para su previo uso). Es decir:

- Identificar, calibrar y ajustar todo el equipo de inspección, medida y ensayo que puede afectar a la calidad del producto, a intervalos definidos con relación a equipos de calibración certificados por un organismo reconocido.
- Establecer, documentar y mantener los procedimientos de calibración de los instrumentos y los equipos de calibración.

Asegurar que las condiciones ambientales son adecuadas para las operaciones de calibración, inspección, medida y ensayos que se efectúen en los instrumentos.

La calibración de los instrumentos de nivel basados en la presión hidrostática se realiza de forma análoga a los instrumentos de presión, transformando la altura del líquido al valor correspondiente de la presión a simular.

Los medidores de nivel de presión diferencial se calibran de forma similar a los utilizados en la medida de caudal por presión diferencial. Es preciso tener en cuenta las condiciones particulares del transmisor, es decir, si se instalara en un tanque abierto o cerrado y si dispone de resorte de supresión o de elevación para corregir la condensación en el lado de baja presión del instrumento, o compensar su instalación en un punto de cota muy inferior a la base del tanque.

En forma análoga, se calibran los instrumentos de nivel de desplazamiento y los basados en las características eléctricas del líquido. Los medidores de nivel de radiación requieren un extremo cuidado en su manejo y es preciso seguir fielmente las instrucciones descritas en el manual del fabricante y las normas y recomendaciones vigentes por los peligros que entraña la no observancia de los mismos (CREUS, 2010).

4.2 Montaje de sistemas para el control de nivel de líquidos

4.2.1 Montaje del banco. Para utilizar el equipo, hay que montarlo adecuadamente, para ello se recomienda primero construir la estructura principal y recubrir los dos compartimientos donde en su parte inferior se ubica el tanque dos, la bomba y servoválvula; en la superior, donde se ubican el tanque uno, tablero de control.

Figura 38. Montaje de banco de pruebas



Fuente: Autores

Esta estructura principal descansa sobre ruedas de un material plástico con una base de metal soldadas en la estructura en donde la función de estas ruedas es poder movilizar el banco con facilidad y la fricción con el piso sea mínima.

4.2.2 *Montaje del tablero de control.* Un componente para realizar el control digital es la NI-DAQ USB 6008 es necesario conectar los cables de salida, entrada con los que se encuentra enlazados a la respectiva bornera de la tarjeta y el cable USB que se conecta al computador, de acuerdo al pórtico de acceso, salida seleccionados como se indica en el diseño. Es importante conectar también para esta aplicación la señal de referencia respectiva a tierra.

El tablero de control contará con varios elementos para el correcto funcionamiento y protección como; interruptor de encendido y apagado del mismo el cual se energiza desde una fuente de alimentación externa, interruptor de emergencia, lámparas para visualizar el funcionamiento de la servoválvula, bomba y de emergencia y los demás componentes q se especifican en el diseño, para la alimentación de 12 VCD voltios de los dispositivos se encuentra fuente que recibe 110 VCA y entrega los 12 VCD.

Figura 39. Montaje de tablero de control



Fuente: Autores

4.2.3 *Instalación de los instrumentos correspondientes y servicios básicos.* La instalación de los instrumentos y accesorios ver figura 40 que también se la puede ver en el banco pero parte de ella mínimo, donde también se ve una línea de desfogue de agua de 1/2" en el asiento del tanque 2; la parte eléctrica en la que no se puede observar las conexiones eléctricas internas ver figura 39. En la instalación de servicios básicos como electricidad, agua que se requiere para el funcionamiento del banco están determinados de la siguiente manera:

Figura 40. Instalación de instrumentos y accesorios



Fuente: Autores

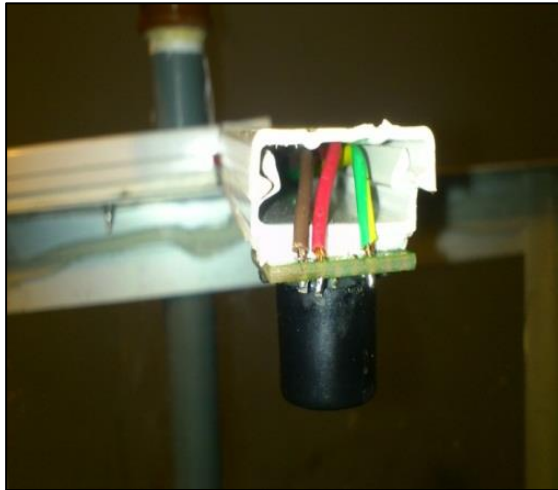
Electricidad, realizar una instalación no es necesaria ya que el área cuenta con tomas corrientes ubicados el voltaje de los toma corrientes de es de 110 V / 60 Hz necesario para el funcionamiento del banco, se debe extraer los cables o enchufe del tablero y conectarlos adecuadamente en el tomacorriente tener cuidado de que el equipo se encuentre desenergizado mediante el interruptor (la luz del interruptor de encendido debe estar apagada).

Una vez que se han realizado estas conexiones, debe precederse a llenar el tanque reservorio con agua hasta que la altura del líquido dentro del tanque supere por lo menos la indicación de nivel mínimo, pero también depende de la hasta que nivel se llenara el tanque 1 para su recirculación, el llenado del tanque se realizará en forma manual de una fuente que se encuentra a pocos metros.

Las instalaciones de la bomba y servoválvula se realiza mediante como indica el diseño eléctrico.

Así mismo se instala el sensor ultrasónico colocándolo en el centro de cada uno de los tanques ver figura 41 donde se pueda realizar las conexiones eléctricas y procesar la información para cumplir el funcionamiento para el cual está diseñado sin afectar la señal de salida, así mismo se debe dejar una distancia entre el sensor y el nivel máximo de agua de 6 pulgadas en los dos, debido a que es su zona muerta y no sensa este espacio, además estos sensores tienen una resolución de 1 pulgada.

Figura 41. Montaje del sensor



Fuente: Autores

4.2.4 *Distribución de cada uno de los instrumentos y accesorios.* La distribución de los instrumentos en el banco se realizó en función de las siguientes condiciones:

La teoría; en el Capítulo III se detalla instrumentos y elementos utilizados para la medición y control de nivel ubicados de manera que se tenga mayor comodidad y confort para el desarrollo de las operaciones.

Espacio físico; cada uno de los instrumentos tiene diferentes medidas de longitud, altura y ancho; la longitud es diferente para cada uno de los instrumentos, la altura de cada uno de los instrumentos es una función para determinar la separación de cada uno de estos, el ancho es diferente para cada uno de los instrumentos razón que la distancia que existe entre el eje longitudinal del instrumento a los compartimientos y componentes, está DISTANCIA es debido a que los instrumentos y accesorios son desmontables.

Operación; los instrumentos y accesorios se han colocado en el plano vertical uno de bajo de otro, están ubicados de modo que estos pueden ser operados con mínima dificultad.

Mantenimiento, el sistema de tubería está proyectado de manera tal que el sistema pueda ser reparado o remplazado con mínima dificultad. Todos estos sistemas son montados en la estructura ver figura 37.

4.2.5 Instalación final. Después de haber encontrado las fallas o defectos en la instalación durante las inspecciones de cada uno de los instrumentos, haberlos solucionado y verificar su correcto funcionamiento; el Banco de Pruebas para control de nivel de líquidos se presenta en la figura 42.

Figura 42. Instalación y montaje final del banco



Fuente: Autores

4.3 Requerimientos de montaje

A continuación se detallan los requerimientos que necesitan los diferentes sistemas para realizar el montaje del Banco.

Tabla 6. Requerimientos para el montaje

Descripción	Cantidad
Válvula de bola 1/2 " FV	1
Válvula de bola 3/4" FV	1
Válvula check 1/2" FV	1
Tubería 1/2 " PVC	7 m
Tubería 3/4 " PVC	0,40 m
Reducción 1" A 3/4" PVC	1

Tabla 6 (Continuación)

Reducción 1" A 1/2" PVC	1
Codo 90 grados PVC	6
Bomba 1/2 HP	1
Llave de agua 1/2" FV	1
Uniones universales 1/2" PVC	4
Neplo	2
Cinta teflón	3
Sellador	2
Tanque reservorio de vidrio templado 6mm espesor; 75600 cm ³	1
Tanque principal de vidrio templado 6mm espesor; 50000cm ³	1
adaptador 3/4"	1
adaptador 1/2"	3
Manómetro de agua	1
Válvula proporcional de control	1
Caja térmica de plástico	1
Tarjeta USB 6008	1
Rueda soporte	4
Sensor ultrasónico EZ4	2
Cable 18 AWG	4 m
Interruptor de emergencia	1
Lámpara	3
Switch	1
Estructura metálica	7 m
Tabla triplex	1 m ²
Lámpara	3
Tarjeta electrónica	1
Adaptador 12 VCC	1
Tomacorriente doble	1

Fuente: Autores

CAPÍTULO V

5 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS

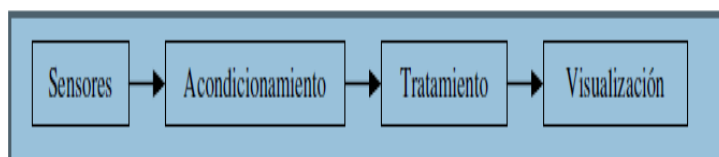
5.1 Monitorización y control con sistemas SCADA

5.1.1 *Sistema de adquisición de datos.* Es el proceso en el cual la señal a medir es adquirida y convertida en una señal eléctrica. Un sistema de adquisición de datos es el instrumento que nos sirve para obtener datos en un proceso y cumple con las siguientes etapas:

- Los sensores o transductores convierten un fenómeno o magnitud física en una magnitud o señal eléctrica.
- Un sistema de acondicionamiento de señal que va a aislar, filtrar o convertir y-o amplificar la señal.
- Un sistema de adquisición de datos convierte la señal analógica en digital.
- Un sistema de tratamiento que va a transformar la información digital presentada por el bloque anterior, en información útil al usuario.

El sistema de adquisición de datos se va a componer de la siguiente forma:

Figura 43. Sistema de adquisición de datos



Fuente: www.ni.com

5.1.2 *Introducción al LabView.* LabView constituye un revolucionario sistema de programación gráfica para aplicaciones que involucren adquisición, control, análisis y presentación de datos. Las ventajas que proporciona el empleo de LabView se resumen en las siguientes especificaciones:

- Se reduce el tiempo de desarrollo de las aplicaciones al menos de 4 a 10 veces, ya que es muy intuitivo y fácil de aprender.
- Dota de gran flexibilidad al sistema, permitiendo cambios y actualizaciones tanto del hardware como del software.
- Da la posibilidad a los usuarios de crear soluciones completas y complejas.
- Con un único sistema de desarrollo se integran las funciones de adquisición, análisis y presentación de datos.
- El sistema está dotado de un compilador gráfico para lograr la máxima velocidad de ejecución posible.
- Tiene la posibilidad de incorporar aplicaciones escritas en otros lenguajes.

LabView es un entorno de programación destinado al desarrollo de aplicaciones, similar a los sistemas de desarrollo comerciales que utilizan el lenguaje C o Basic.

Sin embargo, LabView se diferencia de dichos programas en un importante aspecto: los citados lenguajes de programación se basan en líneas de texto para crear el código fuente del programa, mientras que LabView emplea la programación gráfica o lenguaje G para crear programas basados en diagramas de bloques.

Para el empleo de LabView no se requiere gran experiencia en programación, ya que se emplean iconos, términos e ideas familiares a científicos e ingenieros, y se apoya sobre símbolos gráficos en lugar de lenguaje escrito para construir las aplicaciones. Por ello resulta mucho más intuitivo que el resto de lenguajes de programación convencionales.

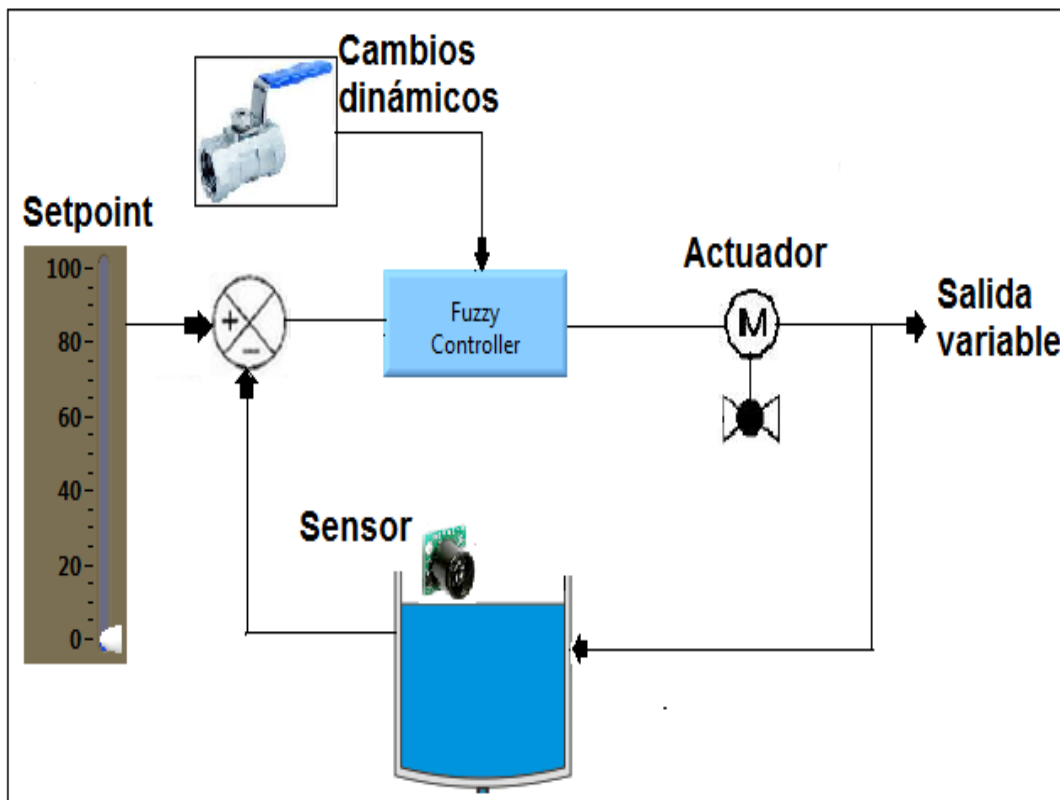
LabView posee extensas librerías de funciones y subrutinas. Además de las funciones básicas de todo lenguaje de programación, LabView incluye librerías específicas para la adquisición de datos, control de instrumentación VXI, GPIB y comunicación serie, análisis presentación y guardado de datos.

5.1.3 Control fuzzy. Se basa en la lógica difusa que es ampliamente utilizado en el control de la máquina. El término "fuzzy" se refiere al hecho de que la lógica utilizada puede tratar con conceptos que no se pueden expresar como "verdadero" o "falso", sino como "parcialmente cierto".

Aunque los enfoques alternativos, tales como los algoritmos genéticos y redes neuronales pueden realizar tan bien como la lógica difusa en muchos casos, la lógica difusa tiene la ventaja de que la solución al problema se puede convertir en términos de que los operadores humanos pueden comprender, de manera que su experiencia puede ser utilizado en el diseño del controlador. Esto hace que sea más fácil de mecanizar tareas que ya se llevan a cabo con éxito por los seres humanos.

Los controladores fuzzy, igual que otros controladores, toman el valor de las variables de entrada, procesan, y actúan sobre sus salidas a fin de controlar la planta. En fuzzy control se utilizan sistemas basados en reglas, que emplean fuzzy logic, como elemento central. Dado su estado, y los valores de las variables de entrada, estos sistemas evalúan la veracidad de cada regla, y así, toman decisión sobre los cambios a realizar en las variables de salida. Una vez actualizadas las mismas, estas producirán un cambio sobre la planta, luego se vuelven a obtener los valores de las variables de entrada, comenzando un nuevo ciclo.

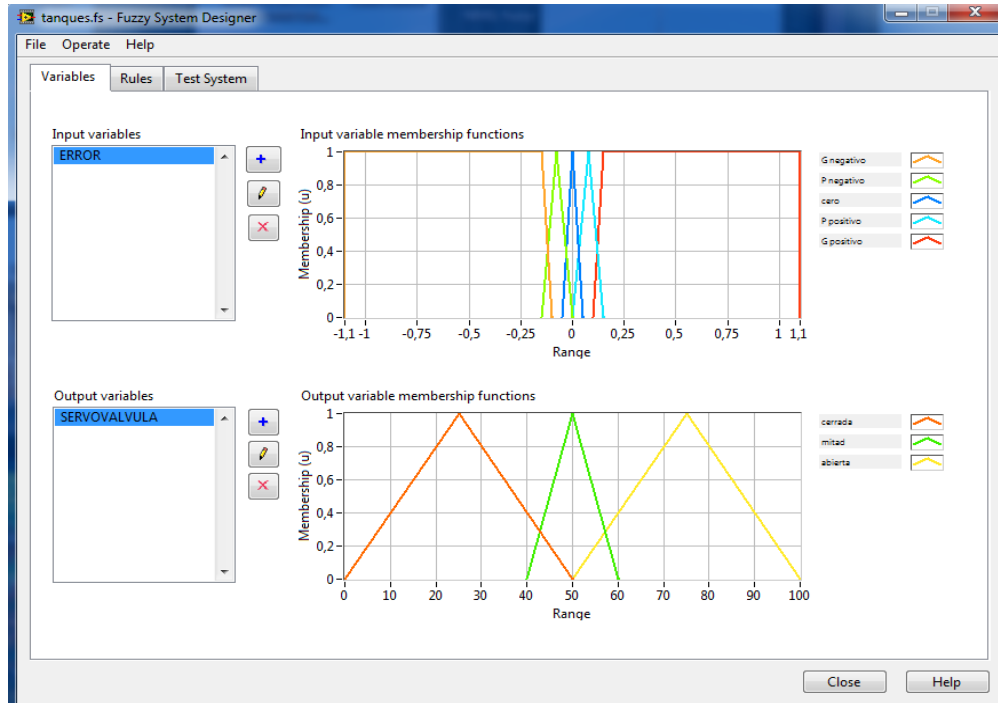
Figura 44. Diagrama del proceso fuzzy



Fuente: Autores

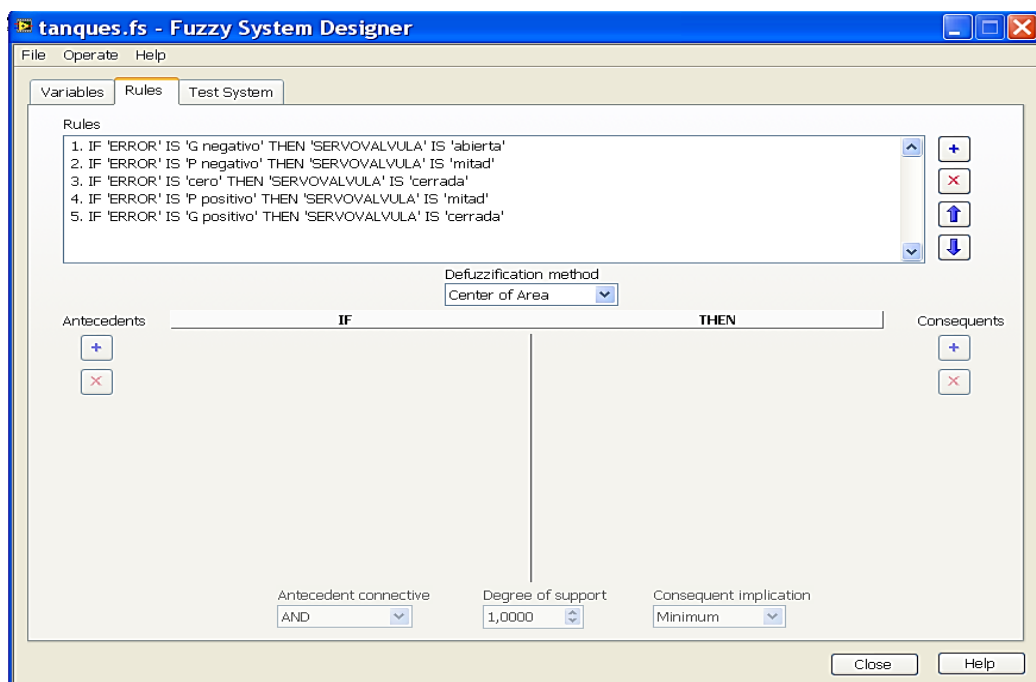
A continuación en las figuras se muestra las ventanas que se utiliza para el proceso en control fuzzy.

Figura 45. Variables para la fuzzificación



Fuente: LabView

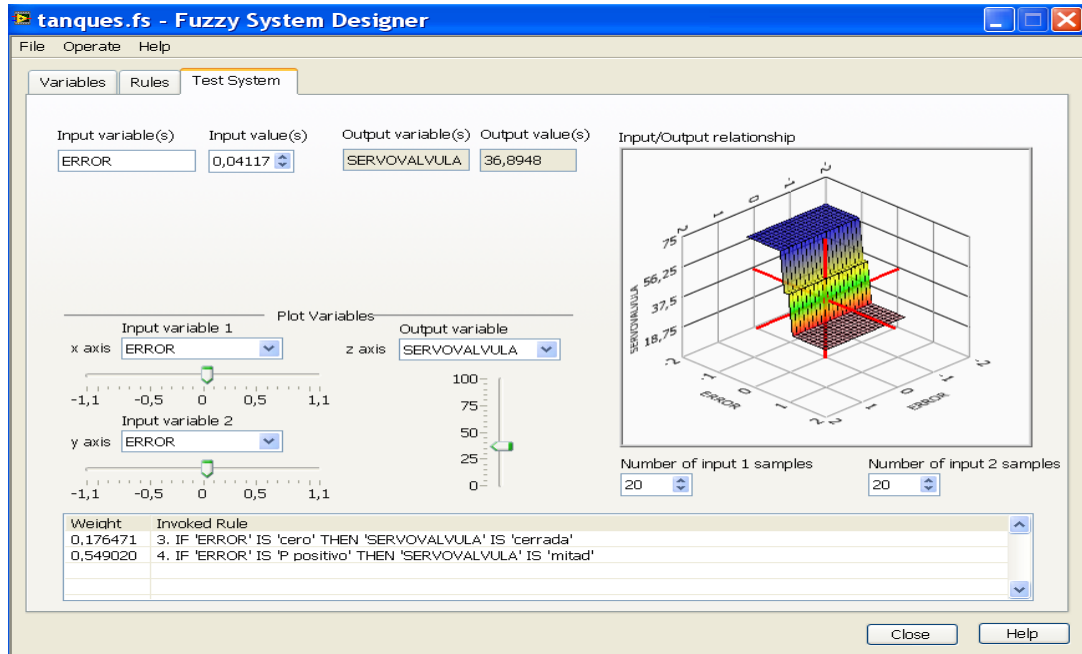
Figura 46. Evaluación de reglas



Fuente: LabView

Al utilizar este tipo de resolución de problemas, es importante observar que lo que se está procesando no son ya ecuaciones, números o tablas crudas sino, reglas.

Figura 47. Prueba del sistema de relación entrada y salida



Fuente: LabView

5.1.4 Interfaz desarrollado en LabView. Mediante LabView se desarrolló la interfaz para el control de nivel desde la PC y la tarjeta de adquisición de datos USB 6008.

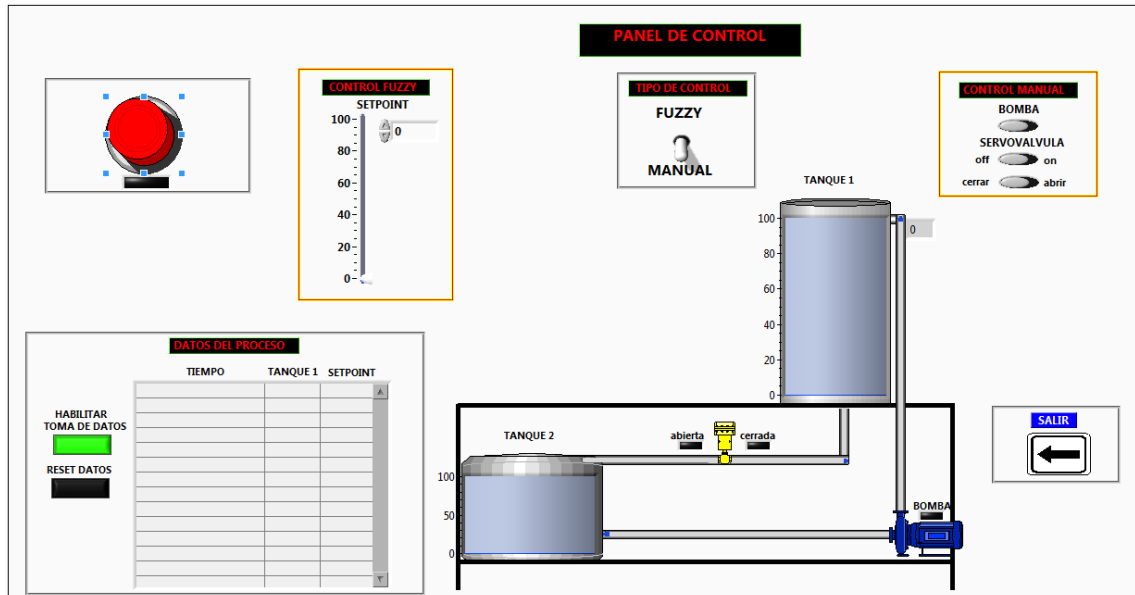
Figura 48. Pantalla de inicio



Fuente: LabView

La figura 48 muestra la ventana de inicio de la interfaz que es de la presentación para el ingreso al usuario. Esta ventana permite pasar al interfaz del panel frontal una vez que se pulse esta opción ver figura 49.

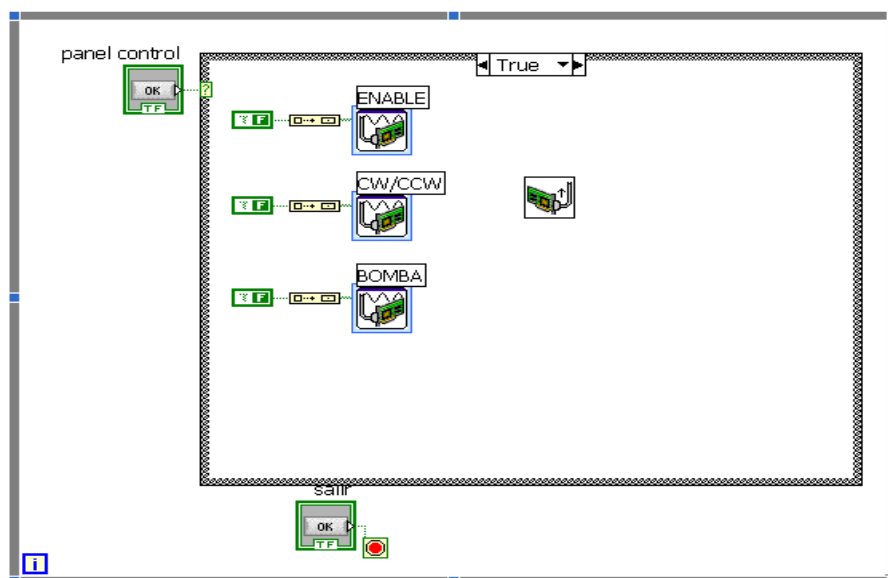
Figura 49. Panel frontal



Fuente: LabView

5.1.5 Diagramas de bloque

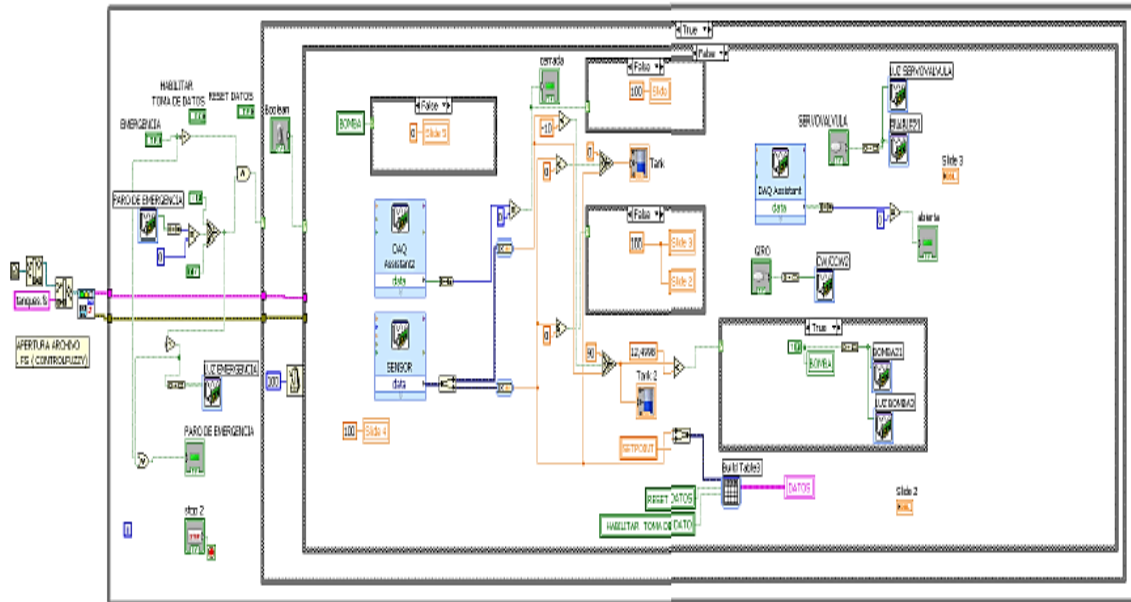
Figura 50. Diagramas de bloques de la interfaz de la ventana de inicio



Fuente: LabView

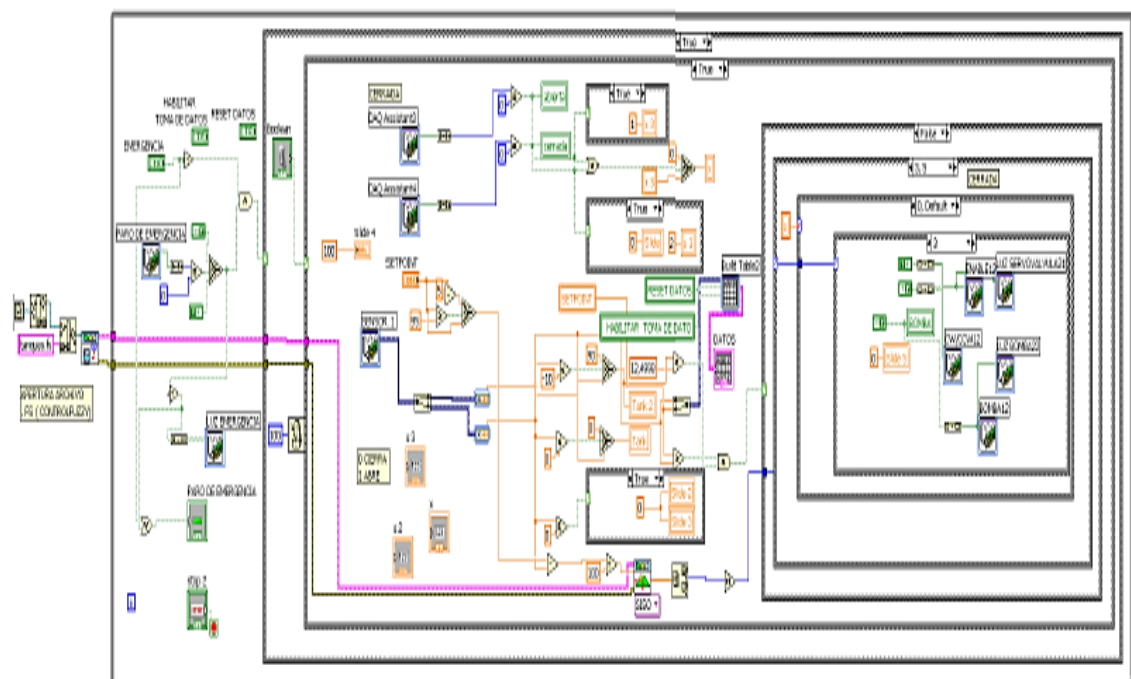
En las siguientes figuras se muestra el diagrama de todo el proceso que se enlacen entre de acuerdo al modo de operación y a las acciones que se tomen para su buen funcionamiento.

Figura 51. Diagrama de bloques del panel frontal para control manual



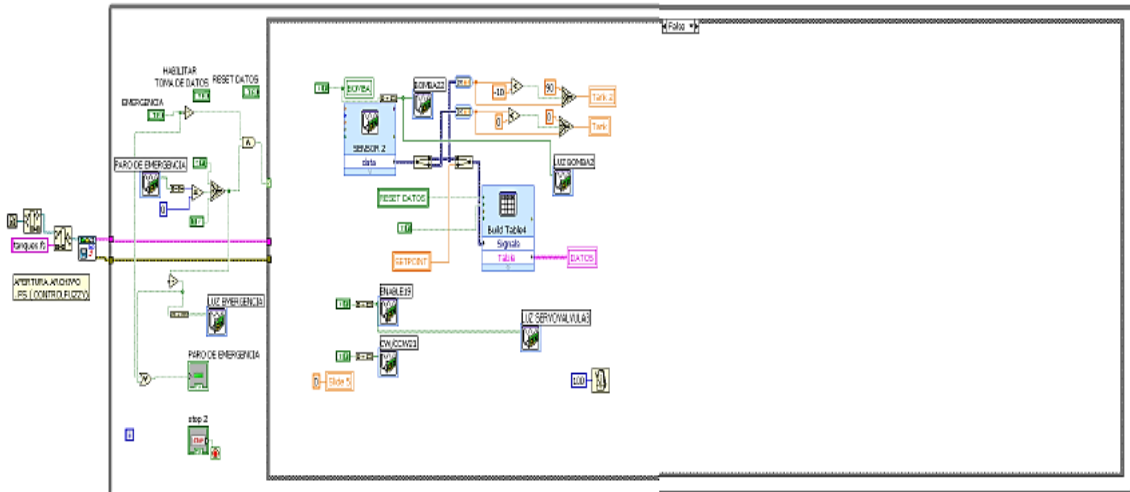
Fuente: LabView

Figura 52. Diagrama de bloques del panel frontal para control fuzzy



Fuente: LabView

Figura 53. Diagrama de bloques para el control de emergencia



Fuente: LabView

5.2 Pruebas de operación

5.2.1 Verificación de conexiones. Para verificar las fugas de agua se llenó el tanque reservorio hasta un cierto nivel, luego se encendió la bomba manualmente, para recircular el agua por el tanque de control donde no se hallaron factores o fugas que indiquen que se requiere de algún ajuste o solución para sellar uniones varias a lo largo de la tubería con los accesorios, tanques y equipos.

Para verificar las conexiones eléctricas, se realizó medidas de continuidad, voltajes, observando mediante el diseño eléctrico si se encuentran todas las conexiones que muestra tomando en cuenta la posición correcta de cada elemento para la señal eléctrica de entrada, salida y sujetados firmemente, por lo cual no se encontró ninguna anomalía.

Por lo quiere decir que la instalación y montaje fue realizada de una manera correcta, empleando los adecuados materiales y herramientas.

5.2.2 Verificación del sistema de control de nivel

5.2.2.1 Pruebas funcionales. Antes de conectar el sistema de control al proceso se prueba que las variables procedentes del área de proceso lleguen al sistema de control sin perturbación y sin afectar a otras señales; se verifican límites de las variables.

rangos, unidades de alimentación, diagramas, la operación de las interfaces con el operador y los lazos de control.

5.2.2.2 Prueba de circuitos. La prueba de circuitos es la parte más importante del trabajo de instrumentación por ser el paso anterior inmediato al arranque del banco. Para ello se simulan las condiciones de operación del banco con el fin de hacer operar el equipo.

Cada circuito consta de varios elementos de la tarjeta de potencia y otros del tablero; todos deberán funcionar cumpliendo con la secuencia y valores fijados por el proyecto y más tarde ajustados en los aparatos durante su calibración. Si el cable está correcto, libre de falsos contactos o conexiones a tierra y las conexiones en el punto exacto que les corresponde, en términos generales puede decirse que el circuito está correcto y listo para su revisión y entrega a la operativa.

5.2.3 Pruebas por instrumentos y en conjunto

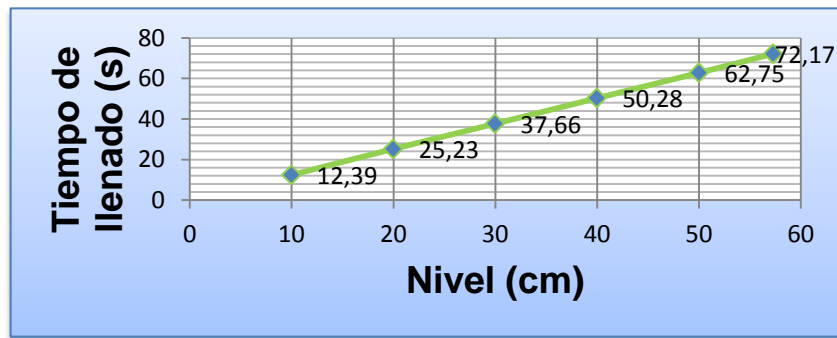
5.2.3.1 Prueba de la bomba. Se realiza pruebas a la bomba tanto manual como automático para determinar el caudal que descarga en el tanque controlado tomando el tiempo en llenar dicho tanque a diferentes alturas en función del área transversal del tanque que es de 25 cm² y así determinar cuál es su valor efectivo de descarga. A continuación se muestra los datos obtenidos.

Tabla 7. Prueba de la bomba

Nivel (cm)	Nivel (%)	Tiempo(s)	Volumen (Lt)	Caudal (GPM)
10	17,45	12,39	6,25	7,99
20	34,90	25,23	12,5	7,84
30	52,36	37,66	18,75	7,88
40	69,81	50,28	25	7,87
50	87,26	62,75	31,25	7,88
57,3	100	72,17	35,8125	7,86
Caudal promedio				7,89

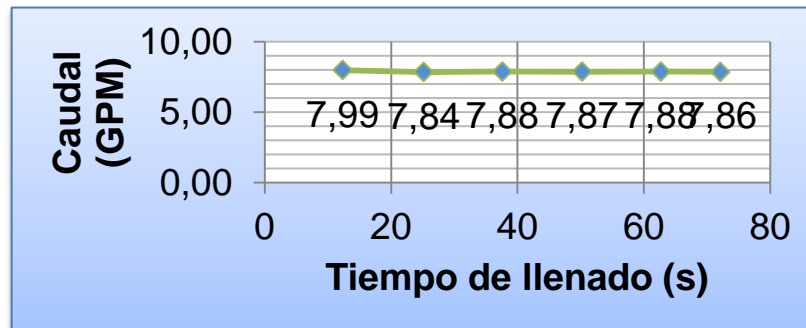
Fuente: Autores

Figura 54. Tiempo de llenado vs nivel



Fuente: Autores

Figura 55. Caudal Vs tiempo



Fuente: Autores

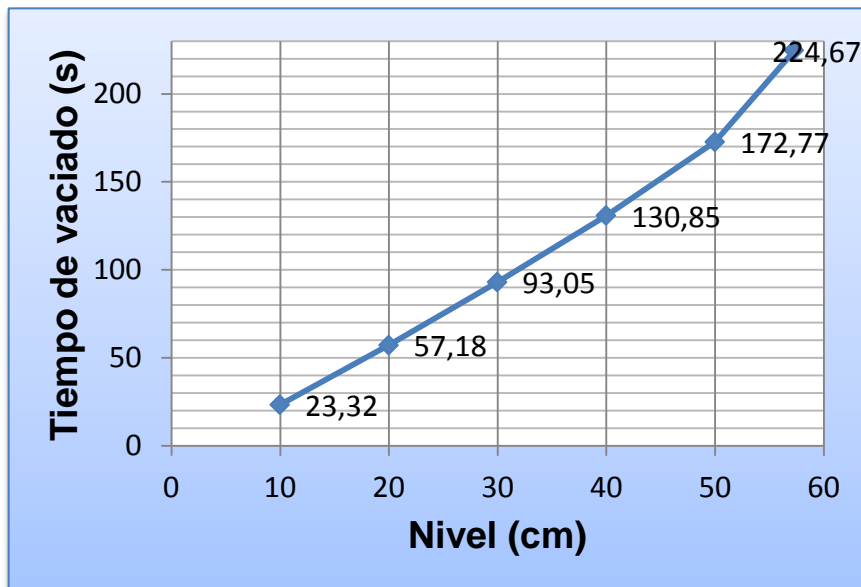
5.2.3.2 Prueba de caudal de salida. Se realizó el cálculo de caudal y volumen para determinar, para lo cual se mide el tiempo que se demora en descargar el agua del tanque de control a través de la válvula manual tomando como base diferentes alturas.

Tabla 8. Prueba caudal de salida

Nivel(cm)	Nivel (%)	Tiempo(s)	Volumen(Lt)	Caudal(GPM)
57,3	100	224,67	35,81	10,95
50	87,26	172,77	31,25	11,83
40	69,81	130,85	25	10,49
30	52,36	93,05	18,75	8,29
20	34,9	57,18	12,5	5,85
10	17,45	23,32	6,25	4,25

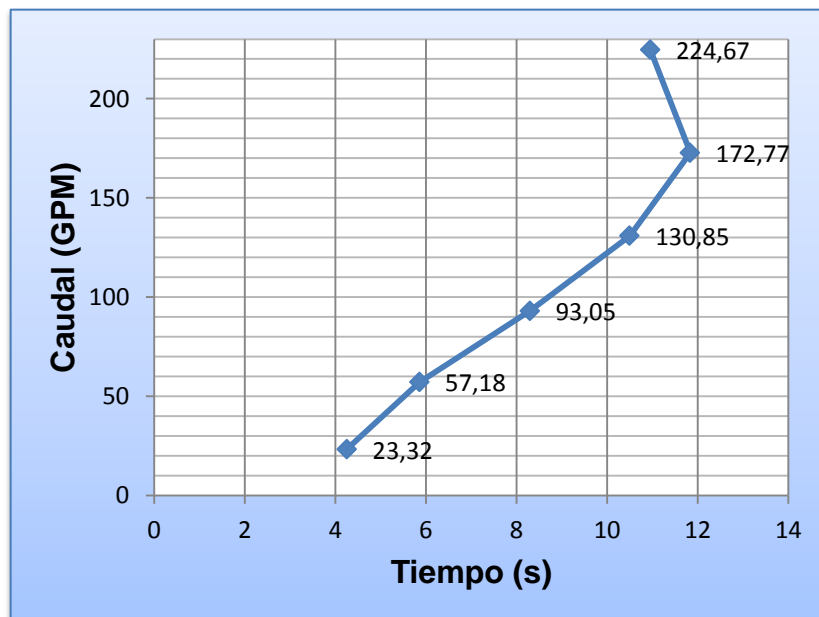
Fuente: Autores

Figura 56. Tiempo de vaciado vs nivel



Fuente: Autores

Figura 57. Caudal de salida Vs tiempo



Fuente: Autores

5.2.3.3 Prueba del sensor ultrasónico del tanque uno. El sensor fue sometido a pruebas para observar su comportamiento y su error debido a su resolución que es de una pulgada para el cual se tomaron valores de porcentaje que se coloca en el set-point y la lectura que envía el sensor para su respectivo nivel.

Tabla 9. Prueba de sensor ultrasónico del tanque uno

Nivel Setpoint (%)	Nivel Sensor (%)	Nivel (cm)	Error
20	19,15	11,46	4,44
40	38,10	22,92	4,99
60	57,14	34,38	5,01
80	80,95	45,84	1,17
100	95,24	57,3	5,00
Error promedio			4,12

Fuente: Autores

5.2.4 *Análisis y discusión de resultados.* En la figura 54 o curva característica del tiempo de llenado en función del nivel se observa que es de forma ascendente, lo que quiere decir que mientras mayor altura se tiene el tiempo de llenado también será mayor teniendo un comportamiento lineal, actuando directamente proporcional el tiempo con la altura, ya que mientras mayor es la altura el área de llenado va a ser mayor y por lo tanto va a demorarse más en llenar ese volumen.

El caudal que sale de la bomba tenemos una media de 7,89 GPM el cual se determinó el caudal que se obtiene de relacionar la altura con el tiempo de llenado y el área del tanque que es 625 cm³ además en la figura 55 se observa que la variación de caudal y de tiempo de llenado es casi constante ya que esas pequeñas variaciones se debe al momento de tomar los datos, es decir el flujo de la bomba es constante para cualquier nivel.

Para determinar la eficiencia de la válvula de globo se realizó la medición del tiempo que se demora en vaciar el tanque a diferentes alturas sin presencia de la válvula a lo que se conocerá como tiempo de vaciado real además se observa que la curva va en sentido descendente determinando que mientras menor altura de vaciado tenemos el tiempo que se demora va a ser mayor porque la presión también va a disminuir y vamos a tener una menor fuerza de empuje. De acuerdo al valor real del set-point y el valor que arroja el sensor, se determinó el porcentaje de error del mismo que es de 4,12%, que quiere decir que es un error pequeño en la medición ya que se obtiene valores de respuesta un poco lentos debido a la resolución del sensor y así mismo su velocidad.

5.3 Manual de mantenimiento del equipo

5.3.1 *Introducción del equipo.* El banco de pruebas para el control de nivel de líquidos, tiene como objetivo fundamental el implementar en el laboratorio de Instrumentación Industrial con el cual los estudiantes puedan capacitarse mediante la realización de prácticas de laboratorio. El modulo consta de dos tanques: el tanque 1 que tiene una capacidad de 40000 cm³ y el tanque dos tiene una capacidad de 60000 centímetros cúbicos donde se puede realizar la medición y control en los dos tanques.

El banco posee una bomba, con la cual el agua es llevada del tanque dos al tanque 1 a través de una tubería con caudal constante el caudal de salida del tanque uno es llevado al tanque dos por medio de una servoválvula formando así un circuito cerrado de agua. La medición de nivel se hace mediante dos sensores ultrasónicos LV-MaxSonar-EZ4.

5.3.2 *Aplicaciones.* Este tipo de banco de pruebas del control del nivel de líquidos se puede aplicar en:

- *Cisternas.* En cisternas interesa que se tenga una buena cantidad de agua almacenada. Generalmente el control se realiza mediante sensores conductivos que indican los niveles máximos y mínimos permitidos, siendo estas señales procesadas para tomarse las respectivas acciones de control
- *Embotelladoras.* En el caso de las embotelladoras como por ejemplo: Cervecería, Coca Cola, bebidas en general, se controla el nivel apropiado del líquido dentro del envase ya que si es mayor al deseado se tendrían pérdidas que pueden llegar a ser significativas.
- *Industria papelerera.* Las balas del papel usado se transportan sobre una cinta de carga hasta la procesadora de pulpa y allí se disuelven con agua. A partir de la medición del nivel se controla la correcta relación entre el papel usado o agua, para esos se utilizan transmisores de nivel de presión.
- *Industria de crudos.* En la producción de químicos existe la necesidad de almacenar los productos más diversos, hay que mantener provisiones de materias primas para garantizar la continuidad de la producción. Es preciso almacenar temporalmente diferentes productos semielaborados para continuar con sus

procesamientos en nuevos procesos químicos y hay que almacenar el producto final mientras no sale de fábrica, esto requiere una medición perfectamente exacta del contenido de los tanques.

- *Nivelimetría en grandes tanques.* Para medir movimientos y operaciones se puede utilizar masa o volumen. El volumen puede ser derivado de la medición de nivel, mientras que la masa se puede medir en forma directa, por medio de transmisores de presión.

5.3.3 Características técnicas

Tabla 10. Ficha de datos y características técnicas

FICHA DE DATOS Y CARACTERISTICAS TECNICAS		
BANCO DE PRUEBAS PARA EL CONTROL DE NIVEL DE LÍQUIDOS		
Marca: Tesis de Graduación		# de serie: Prototipo
Modelo: Ing. De Mantenimiento		Año de fabricación: 2013
Fecha de adquisición:		Costo de adquisición: \$ 2000
Fabricante o vendedor: Manuel Méndez; Pablo Erazo		# de parte de la máquina: General
Características generales:		
Dimensiones generales:		1110*1795*500 mm
Altura y dimensiones compartimiento inferior:		120,74 ; 1000*15*500 mm
Altura y dimensiones compartimiento superior:		875; 1000*15*500mm
Capacidad tanque 1:		50 Lt
Capacidad tanque 2:		75,6 Lt
Controlador:		NI-DAQ USB 6008
Tablero de control:		Plástico 312 *135*250 mm
Sensores de nivel:		Ultrasónicos
Servoválvula:		Motor a paso NEMA 17 STP-MTR-17048 (construida)
MOTOR		
Marca: Mariolo		# de serie: IP 44
Modelo: elettropompamonofase QB-60		Año de fabricación:
Fecha de adquisición:		Fabricante o vendedor:
RPM:3400	Potencia:0,37 W	Voltaje: 110
HZ: 60	Frame:	# de fase: 1
Tipo de motor:		
Corriente Continua	Rotor devanado	Jaula de Ardilla

Fuente: Autores

5.3.4 Principales componentes y sus funciones

5.3.4.1 Tablero de control. Es el elemento principal mediante el cual el operador puede controlar la alimentación del banco de manera local. Este además le permite tener información visual de las principales variables que se manipulan en el controlador y consta de los siguientes elementos. Ver tabla 11.

Tabla 11. Ficha de datos y características técnicas del tablero de control

Figura	Elemento	Función
	Pulsador de emergencia.	Sirve para realizar una acción inmediata ante una emergencia, que puede ser provocada por una falla en el controlador o por alguien que opera inadecuadamente Los componentes del banco sin darse cuenta los riegos expuestos o daños a ocasionar. La acción que se toma en casos de emergencia es de bloquear la energía que proporciona para accionar la bomba y servoválvula, además también se tiene como actuar desde el interfaz del usuario desarrollado en LabView.
	Interruptor principal (power)	Es el encargado de alimentar o quitar la energía eléctrica de todos los elementos del módulo.
	Luces indicadoras	Indican el estado de control del banco si está parado o detenido por emergencia y para observar el funcionamiento (marcha/paro) de la servoválvula y bomba.

Fuente: Autores

Figura 58. Componentes del tablero de control



Fuente: Autores

En la tabla 12 se muestra una breve descripción de los elementos principales del sistema de tuberías.

Tabla 12. Ficha de datos y características técnicas del sistema de tuberías








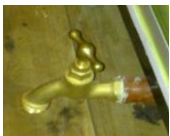
Figura	Elemento	Función
	Válvula check	Evitar que el agua se regrese del tanque 1 cuando se realiza el control de nivel y la bomba deja de funcionar.
	Unión universal	Instaladas a lo largo del circuito sirven para dar flexibilidad al sistema y poder retirar los elementos instalados en ella por ejemplo para mantenimiento.
	Servo válvula.	Su función es abrir o cerrar al porcentaje requerido automáticamente de acuerdo a la señal enviada y el control a realizar.
	Manómetro	Se instaló un manómetro de baja presión después de la bomba con el fin de indicar la presión de descarga de la misma.

Tabla 12. (Continuación)

	Bomba	Su función consiste en transformar la energía mecánica en energía hidráulica, impulsando el fluido hidráulico en el sistema.
	Válvula de esfera manual $\frac{3}{4}$ "	Se encuentra la salida del tanque 2 para controlar el agua de este si contiene en caso de desmontar alguna parte de la succión o la bomba sea por mantenimiento u otra tarea.
	Válvula de esfera manual $\frac{1}{2}$ pulgada.	Se encuentra a la salida del tanque 1 con la finalidad de retener el agua y perturbación como by-pass, la ventaja de estas válvulas es que presenta una resistencia mínima a la circulación del agua cuando está totalmente abierta evitando así pérdidas de presión.
	Llave de agua	Su función es drenar el agua del sistema una vez realizadas las prácticas para que los tanques se encuentren sin sedimentos que ocasiona con el tiempo.

Fuente: Autores

5.3.5 Manual de mantenimiento. Un programa adecuado de mantenimiento para el banco de control de nivel es cuando se usa correctamente, incluye las siguientes actividades a continuación descritas:

5.3.5.1 *Sistema de agua y estructura metálica.* Observar que las ruedas estén en buen estado es decir niveles de desgaste por fricción o cargas. Revisión de la estructura, las soldaduras de las uniones, entre la estructura principal y la base de las ruedas además daños en los tubos metálicos, el anclaje de los equipos y elementos a la estructura.

Verificar la estructura que la pintura este en buen estado, caso contrario remover la suciedad y corrosión para posterior darle una protección adecuada con pintura anticorrosiva.

Debido al uso de la máquina los pernos y tornillos pueden desajustarse, por ello se recomienda revisarlos por lo menos una vez al mes.

5.3.5.2 Tanque T1 y T2. Verificar el tanque principal y reservorio que no se acumule sedimentos en el asiento de los mismos que puede repercutir en posteriores daños de la tubería y accesorios, para lo cual se debe quitar la alimentación de agua si no se encuentra en uso continuo, o cada vez realizada las practicas, mediante la línea de desagüe del tanque reservorio.

Inspeccionar los adaptadores de los tanques a la tubería que no existan fugas, por el cual se debe corregir con silicona o alguna pega más fuerte.

5.3.5.3 Bomba. En funcionamiento normal, la bomba, no requiere mantenimiento y específica, sin embargo, puede ser necesario inspeccionar y limpiar sus partes cuando se observa una caída en la capacidad. En cualquier caso, todas las reparaciones y trabajos de mantenimiento deben ser llevadas a cabo sólo después de haber desconectado la bomba de la red eléctrica.

- Inspeccionar todos los accesorios, protecciones y conexiones del motor y asegurar su correcto funcionamiento, detectando desgaste o incrustaciones solucionando de la mejor manera dejando en su máxima eficiencia a la misma.
- Verificar la succión y descarga que las tuberías y accesorios estén bien conectados para no existan fugas o absorbe aire en la succión para lo cual apriete la tubería y sus componentes y si es necesario aplique soluciones de pegamento para sellar dichas fugas.
- Reajustar los tornillos de anclaje.
- Limpiar todos sus componentes de polvo u otras sustancias que afecten al deterioro.
- Realizar las tareas del mantenimiento.

Tabla 13. Problemas y soluciones de la bomba

Problemas	Causas	Soluciones (la indicación puede ser hecho por el usuario)
Motor no arranca	Protector térmico accionado	Si se sobrecalienta el motor, no funciona. Luego, esperar a que se enfríen. (20 ~ 30 minutos).
	Protector térmico dañado	Reemplace por una nueva.
	Conexión del cable defectuoso.	Inserte el enchufe seguro. Conecte el cable de nuevo.
	Cable desconectado	Vuelva a colocar el cable nuevo.
	Problemas en el motor	Reparar o sustituir el motor
	Impulsor atascado	Limpie el impulsor
	Tensión de alimentación demasiado baja	Consulte con la compañía de suministro de energía
El motor funciona sin bombear agua	El nivel de agua del pozo es menor que el nivel estándar o altura de aspiración demasiado alta.	Compruebe el nivel de agua del pozo Mueva la bomba cerca del nivel del consumo de agua
	Golpe en la válvula de retención	Retire la tapa de la válvula de no retorno, luego limpiar la válvula, el asiento de la válvula y el orificio de la válvula.
	Aparatos de filtrar o válvula de pie bloqueados	Limpie ambos
	Aire aspirado en el tubo de aspiración	Después de comprobar que las juntas de las tuberías, apriete perfectamente. Asegúrese de que la válvula de pie se sumerge al menos 50 cm.

Tabla 13. (Continuación)

<p>Protector térmico para el motor funciona con demasiada frecuencia</p>	<p>Voltaje de fuente de alimentación demasiado baja o alta</p>	<p>Consulte con la compañía de suministro de energía</p>
	<p>Impulsor está en contacto con otra parte. Impulsor bloqueado</p>	<p>Revisar y reparar los defectos Limpie el impulsor</p>
	<p>Cortocircuito o abierto del condensador</p>	<p>Reparar el condensador</p>
<p>El agua no sale de la bomba en los primeros minutos después de encender</p>	<p>Aire aspirado en el tubo de aspiración</p>	<p>Reparar los defectos de tuberías. (Para evitar la fuga de aire).</p>
<p>La bomba arranca cuando se está utilizando no hay agua</p>	<p>Las fugas de agua en tuberías o bomba</p>	<p>Reparación de tuberías, piezas de la bomba y los grifos, etc.</p>
	<p>Fugas de agua en el sello mecánico.</p>	<p>Reemplazar el sello mecánico.</p>

Fuente: Autores

5.3.5.4 Tuberías y accesorios. Verificando que las válvulas asociadas abren y cierran perfectamente en su rango, revisando las conexiones, y la no existencia de fugas en líneas, válvulas y uniones así mismo realizar la limpieza adecuadamente.

Para lo cual se debe lubricar y engrasar dichas válvulas, así como pintar las tapas metálicas la cual las protege, se sella las fugas apretando las conexiones con la tubería además agregar soluciones de pegar estos materiales y cuando se gasta la manguera en

las roscas de extremos, remplazar el pedazo gastado al fin de evitar la pérdida o fuga de agua, con las mismas características.

Si algún tramo de la tubería se ha roto o fisurado cambiar inmediatamente con un pedazo de tubo del mismo diámetro y material sellando totalmente fugas para lo cual se debe tomar en cuenta la posición de las válvulas para su montaje como:

- Dejar suficiente espacio para accionar una manija larga de las válvulas de bola.
- En las tuberías verticales, la presión en las válvulas check siempre debe estar debajo del asiento y si no corta el paso, examinar la superficie del asiento.

5.3.5.5 *Tablero de control.* Para realizar las actividades se debe quitar la alimentación del tablero, procediendo a reajustar las conexiones eléctricas, los tornillos y la puesta a tierra para dar seguridad a las operaciones del Banco sin sufrir daños tanto para el equipo como para el usuario.

- Inspección visual del estado de los dispositivos del Tablero.
- Inspeccionar visualmente todos los dispositivos, accesorios, protecciones y conexiones del tablero y a su vez del Banco y asegurar su correcto funcionamiento.
- Revisión de continuidad en conexiones de los dispositivos del Tablero.
- Verificar que el accionamiento se realice de forma normal para lo cual se acciona sus correspondientes mandos.
- Realizar un reajuste de los tornillos que sujetan los terminales a las borneras
- Verificación de voltajes de entrada y salida.

5.3.5.6 *Servoválvula.* Verificar los circuitos, inspeccionando visualmente, limpiando sus partes especialmente tener en cuenta los finales de carrea que se encuentren en su posición, en caso de desmontarla se debe tener en cuenta para su montaje la dirección de flujo ya que la presión del fluido debe estar debajo del asiento.

Tabla 14. Tareas del mantenimiento

TAREAS DE MANTENIMIENTO															
EQUIPO O SISTEMAS: BANCO DE PRUEBAS PARA EL CONTROL DE NIVEL DE LÍQUIDOS.					Nº: 001		TIEMPO(min)	FRECUENCIAS						RESPONSABLE	
CÓDIGO: 001				FECHA DE CREACIÓN: 20/12/2013				DIARIO	SEMANAL	QUINCENAL	MENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL		ANUAL
Nº	PARTES DEL SISTEMA	TAREA	MATERIALES/ REPUESTOS	HERRAMIENTAS											
1	Estructura principal	Limpieza exterior, no debe existir polvo, humedad	Waipa, brocha, Pintura			15						X			PRACTICANTE
		Inspección general				10						X		PRACTICANTE	
2	Tanque 1 y Tanque 2	Limpieza de los tanques, no deben existir sedimentos	Trapos, detergente, lija fina, solución de pegar.			20						X			PRACTICANTE
		Inspección general de tanques y adaptadores de tanques.				10						X		PRACTICANTE	
3	Bomba	Limpieza exterior, no debe existir polvo	Waipa	Kit de herramientas		10						X			PRACTICANTE
		Inspección de la succión y descarga, accesorios y componentes.	Teflón, silicona u otra solución de pegar.			10							X		PRACTICANTE
4	Tuberías, accesorios, manómetros	Limpieza general	Trapos, detergente	Llave de tubo, pistola de silicona, estilete, Kit de herramientas		20						X			PRACTICANTE
		Inspección, servoválvula, válvulas de bola, check, codos, reducciones, uniones, tuberías, manómetros.	Waipa, teflón, silicona u otra solución de pegar.			20								X	
5	sensores	Medicion del voltaje de salida rango (2,5-5,5) Vdc Inspeccion de puntos de soldadura de las conexiones	ninguno	Multimetro		10						X			
6	Elementos y dispositivos del tablero de control	Limpieza exterior e interior, no debe existir polvo	Brocha, Solvente spray limpiador de contactos, lija fina,estaño	Juego de destornilladores plano y estrella pequeños, multimetro, cautin.		10							X		PRACTICANTE
		Inspección general.				15								X	

Fuente: Autores

CAPÍTULO VI

6 ELABORACIÓN DE LAS GUÍAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

6.1 Guías prácticas de laboratorio para la medición de nivel de líquidos

LABORATORIO N° 01

Tema. Identificación y reconocimiento de los componentes del banco de pruebas para el control de nivel.

Objetivo general. Identificar y reconocer los componentes del banco de pruebas para el control de nivel.

Objetivos específicos:

- Reconocer los dispositivos instalados en el tablero de control y los demás componentes del Banco.
- Conocer el funcionamiento de los dispositivos instalados en el tablero de control y elementos en la tubería del sistema de agua.
- Reconocer la ubicación y la instalación de la bomba en la estructura.
- Identificar los sensores ultrasónicos de nivel, su instalación en los tanques y el tablero.
- Conocer la forma de uso para la realización de prácticas de laboratorio.

Equipos, instrumentos, accesorios

- 2 sensores ultrasónicos LV MAX SONAR EZ4
- Tablero de control con tarjeta USB 6008
- Servoválvula
- Tanques T1 y T2
- Bomba
- Válvulas

Marco teórico

Un sistema HMI representa la interfaz entre el hombre (operador) y el proceso (máquina/instalación). El autómata posee el verdadero control sobre el proceso, por lo tanto existe una interfaz entre el operador y el panel de operador.

La adquisición de datos o adquisición de señales, consiste en la toma de muestras del mundo real (sistema analógico) para generar datos que puedan ser manipulados por un ordenador u otras electrónicas (sistema digital). Consiste, en tomar un conjunto de señales físicas, convertirlas en tensiones eléctricas y digitalizarlas de manera que se puedan procesar en una computadora o PAC. Se requiere una etapa de acondicionamiento, que adecua la señal a niveles compatibles con el elemento que hace la transformación a señal digital.

Las Bombas centrífugas también llamadas Rotodinámicas, son siempre rotativas y son un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor. El fluido entra por el centro del rodete, que dispone de unos álabes para conducir el fluido, y por efecto de la fuerza centrífuga es impulsado hacia el exterior, donde es recogido por la carcasa o cuerpo de la bomba, que por el contorno su forma lo conduce hacia las tuberías de salida o hacia el siguiente rodete.

Procedimiento

- Reconocer los dispositivos indicadores, protección y control instalados en el tablero de control, las características técnicas, las conexiones y su ubicación.
- Identificar los equipos y dispositivos como son la tarjeta de adquisición de datos DAQ USB 6008, las lámparas que indican que operación está realizando o en caso de emergencia aprender cual es el elemento y como manipularlo para parar el proceso y corregir el problema así como saber las conexiones con que fuente de alimentación trabajan.
- Conocer el funcionamiento de cada uno de los dispositivos ubicados en el tablero de control.
- Reconocer la ubicación de la bomba en la estructura, la instalación de los equipos,

elementos montados en cada uno de los compartimientos.

- Saber la ubicación y operación de los accesorios del sistema de agua para que funcione el mismo cuando esté en marcha.
- Saber las dimensiones de los tanques para determinar su nivel y volumen.
- Identificar la tarjeta electrónica de potencia con los elementos digitales que se enlazan entre estos para realizar el control de nivel.
- Aprender la instalación en los tanques y conexión de los sensores ultrasónicos con el tablero para garantizar el correcto funcionamiento y sus valores emitidos.
- Conocer las reglas de uso para la realización de prácticas de laboratorio, para evitar cualquier daño en los equipos o atentar con la seguridad de los practicantes.

Esquema

Figura 59. Reconocimiento de los componentes del banco de pruebas



Fuente: Autores

Conclusiones

- Se logró reconocer los dispositivos instalados en el tablero de control y los demás componentes familiarizándose así para su correcto uso.
- Se conoció el funcionamiento de cada uno de los dispositivos instalados en el tablero de control y los elementos del sistema de agua para su fácil entendimiento durante las prácticas.
- Se reconoció la ubicación e instalación de la bomba centrífuga y su función para realizar el proceso como elemento principal de bombeo.
- Se identificó los sensores ultrasónicos de nivel, como se debe ubicar en los tanques y la instalación adecuada para que cumplan su función lo más preciso posible.
- Se determinó la forma de uso para la realización de prácticas de laboratorio, para no cometer errores que afecten la seguridad del Banco como de los practicantes.

Recomendaciones

- Mediante la realización de la práctica no alimentar el tablero de control.
- No conectar la DAQ USB 6008 al computador mediante el cable USB, y dejar conectado como estaba las borneras de la DAQ y otras porque se desconfigurará sus entradas y salidas en caso de desconectar.
- Tener cuidado de no tocar, manipular los sensores ya que se desubicarían y emitirán señales erróneas.
- Proveer y obligar el uso del equipo de protección personal a los empleados de la empresa, en especial en las áreas de molienda y mezclado por las partículas que existen en el ambiente.

LABORATORIO N° 02

Tema: Puesta en marcha y funcionamiento del banco de pruebas para el control de nivel de modo manual.

Objetivo general: Realizar la puesta en marcha y funcionamiento del banco de pruebas para el control de nivel de modo manual.

Objetivos específicos:

- Realizar la conexión eléctrica del tablero de control.
- Arrancar el sistema de control de nivel de modo manual.
- Visualizar la variación de nivel de líquido y comportamiento de la servoválvula con el tiempo.
- Conocer e identificar la programación realizada para el control de nivel con los elementos que actúan para su realización y operación.
- Saber la secuencia para realizar esta práctica de laboratorio.

Marco teórico

Un sistema HMI representa la interfaz entre el hombre (operador) y el proceso (máquina/instalación). El autómatas posee el verdadero control sobre el proceso, por lo tanto existe una interfaz entre el operador y el panel de operador.

La adquisición de datos o adquisición de señales, consiste en la toma de muestras del mundo real (sistema analógico) para generar datos que puedan ser manipulados por un ordenador u otras electrónicas (sistema digital). Consiste, en tomar un conjunto de señales físicas, convertirlas en tensiones eléctricas y digitalizarlas de manera que se puedan procesar en una computadora o PAC. Se requiere una etapa de acondicionamiento, que adecua la señal a niveles compatibles con el elemento que hace la transformación a señal digital.

Las Bombas centrífugas también llamadas Rotodinámicas, son siempre rotativas y son un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor. El fluido entra por el centro del rodete, que dispone de unos álabes para conducir el fluido, y por efecto de la fuerza centrífuga es impulsado hacia el exterior, donde es recogido por la carcasa o cuerpo de la bomba, que por el contorno su forma lo conduce hacia las tuberías de salida o hacia el siguiente rodete se basa en la ecuación de Euler.

Equipos, instrumentos, servicios básicos.

- Tablero de control.
- Computador
- Agua.
- Fuente de energía de 110 V.

Procedimiento

- Llenar el tanque 2 de agua hasta una altura de 32,5 cm.
- Abrir la válvula de esfera de succión, la válvula de esfera de descarga mantenerla cerrada y la servoválvula en el estado que se encuentre.
- Alimentar desde una fuente de 110 VCA pero el interruptor que energiza el tablero debe estar apagado es decir abierto.
- Conectar el cable USB de la tarjeta DAQ USB 6008 al computador.
- Abrir el archivo de control de nivel realizada en LabView donde se encuentre guardado y ejecutar el programa para que las salidas de la DAC se vuelvan cero y no se inicie la operación ya que las salidas vienen por defecto con valor 1.
- Cerrar el interruptor para energizar el tablero.
- Dar clic en panel de control en el interfaz que es la caratula, para continuar al interfaz donde se encuentra este panel.
- El selector de operación en el interfaz de usuario debe estar en modo manual el cual es el tipo de control.

Figura 60. Modo de operación manual



Fuente: Autores

- Ejecutar el programa, para que las acciones deseadas a realizar inicien desde los controles de control manual.

Figura 61. Modo manual



Fuente: Autores

- Mediante este control se puede realizar el encendido y apagado de la bomba para llenar el tanque1 así como de la servoválvula para abrirla o cerrarla de acuerdo a lo requerido como para vaciar el fluido o mantenerlo.
- Visualizar el estado de los elementos accionados mediante cambio de luz que se encuentran en cada uno de ellos así como el nivel en los tanques.
- Cerrar la servoválvula si desea una vez vaciado el tanque 1 y empezar de nuevo el llenado del mismo es decir manejar de acuerdo a las acciones a tomar.
- Visualizar en la tabla del interfaz, los datos como fecha, tiempo, nivel del tanque 1.
- Probar el correcto funcionamiento del pulsador de paro de emergencia tanto del tablero de control como de la interfaz, que hace que las salidas se hagan cero y no realice ninguna acción, por lo tanto para que siga su funcionamiento del banco de debe desactivarlo.
- Se debe realizar parar el programa para luego expulsar la DAQ cuando se termine la práctica.

Esquema

Figura 62. Funcionamiento manual



Fuente: Autores

Conclusiones

- Se realizó la conexión eléctrica correctamente en el tablero de control.
- Se arrancó el sistema de control de nivel de acuerdo a la secuencia a seguir o procedimiento.
- Se visualizó la variación de nivel de líquido y comportamiento de la servoválvula con el tiempo mediante la tabla en el interfaz del panel.
- Se conoció e identificó la programación realizada para el control de nivel con los elementos que actúan para su realización y operación.
- Se determinó y conoció la secuencia para realizar esta práctica de laboratorio para no ocasionar errores, ni daños de las partes que componen el banco.

Recomendaciones

- No alimentar con corriente el tablero mediante el interruptor antes de haber abierto el programa control de nivel en LabView y ejecutarlo, esto se debe tomar en cuenta cada vez que se desconecta la DAC del PC.
- Tener cuidado al manipular los sensores ya que se pueden descalibrar que puede afectar el correcto funcionamiento.
- Llenar lo suficiente el tanque 2 de agua como se indica.
- Terminada la práctica vaciar y limpiar los tanques T1 y T2.

LABORATORIO N° 03

Tema: Puesta en marcha y funcionamiento del banco de pruebas para el control de nivel de modo automático.

Objetivo general: Realizar la puesta en marcha y funcionamiento del banco de pruebas para el control de nivel de modo automático.

Objetivos específicos:

- Realizar la conexión eléctrica del tablero de control.
- Arrancar el sistema de control de nivel de modo automático.
- Visualizar la variación de nivel de líquido y comportamiento de la servoválvula mediante el control fuzzy.
- Conocer e identificar la programación realizada para el control de nivel con los elementos que actúan para su realización y operación fuzzy.

Marco teórico

Un sistema HMI representa la interfaz entre el hombre (operador) y el proceso (máquina/instalación). El autómatas posee el verdadero control sobre el proceso, por lo tanto existe una interfaz entre el operador y el panel de operador.

La adquisición de datos o adquisición de señales, consiste en la toma de muestras del mundo real (sistema analógico) para generar datos que puedan ser manipulados por un ordenador u otras electrónicas (sistema digital). Consiste, en tomar un conjunto de señales físicas, convertirlas en tensiones eléctricas y digitalizarlas de manera que se puedan procesar en una computadora o PAC. Se requiere una etapa de acondicionamiento, que adecua la señal a niveles compatibles con el elemento que hace la transformación a señal digital.

Las Bombas centrífugas también llamadas Rotodinámicas, son siempre rotativas y son un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor. El fluido entra por el centro del rodete, que dispone de unos álabes para conducir el fluido, y por efecto de la fuerza centrífuga es impulsado hacia el exterior, donde es recogido por la carcasa o cuerpo de la bomba, que por el contorno su forma lo conduce hacia las tuberías de salida o hacia el siguiente rodete se basa en la ecuación de Euler y su elemento transmisor de energía se denomina impulsor rotatorio llamado rodete en energía cinética y potencial requeridas y es este elemento el que comunica energía al fluido en forma de energía cinética.

Equipos, instrumentos, servicios básicos.

- Tablero de control.
- Computador
- Agua.
- Fuente de energía de 110 V.

Procedimiento

- Llenar el tanque 2 de agua hasta una altura de 32,5 cm.
- Abrir la válvula de esfera de succión, la válvula de esfera de descarga mantenerla cerrada y la servoválvula en el estado que se encuentre.
- Alimentar desde una fuente de 110 VCA pero el interruptor que energiza el tablero debe estar apagado es decir abierto.
- Conectar el cable USB de la tarjeta DAQ USB 6008 al computador.
- Abrir el archivo de control de nivel realizada en LabView donde se encuentre

guardado y ejecutar el programa para que las salidas de la DAC se vuelvan cero y no se inicie la operación ya que las salidas vienen por defecto con valor 1.

- Cerrar el interruptor para energizar el tablero.
- Dar clic en panel de control en el interfaz que es la caratula, para continuar al interfaz donde se encuentra este panel.
- El selector de operación en el interfaz de usuario debe estar en modo fuzzy el cual es el tipo de control.

Figura 63. Modo de operación fuzzy

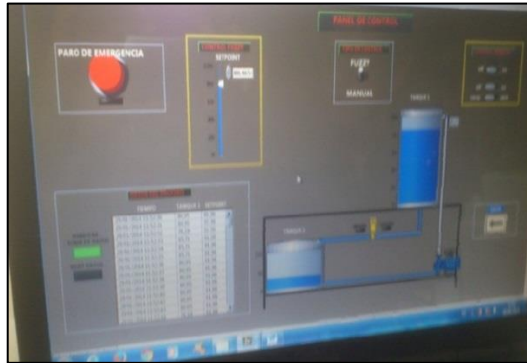


Fuente: Autores

- Colocar el nivel deseado en el set-point de control fuzzy.
- Este tipo de control realiza el encendido y apagado de los elementos accionados de acuerdo a la programación fuzzy que se basa mediante reglas, es decir de una manera inteligente.
- Visualizar el estado de los elementos accionados mediante cambio de luz que se encuentran en cada uno de ellos así como el nivel en los tanques.
- Visualizar en la tabla del interfaz, los datos como fecha, tiempo, nivel del tanque 1 que es el set-point.
- Si se desea empezar a tomar datos desde cero se tiene la opción reset datos como también la opción de habilitar toma de datos.
- Probar el correcto funcionamiento del pulsador de paro de emergencia tanto del tablero de control como de la interfaz, que hace que las salidas se hagan cero y no realice ninguna acción, por lo tanto para que siga su funcionamiento del banco de debe desactivarlo.
- Al pulsar salir regresamos al interfaz de presentación del usuario.
- Se debe realizar parar el programa para luego expulsar la DAQ cuando se termine la práctica.

Esquema

Figura 64. Panel frontal modo fuzzy



Fuente: Autores

Conclusiones

- Se realizó la conexión eléctrica correctamente en el tablero de control.
- Se arrancó el sistema de control de nivel de acuerdo a la secuencia a seguir o procedimiento.
- Se visualizó la variación de nivel de líquido y comportamiento de la servoválvula mediante el control fuzzy.
- Se conoció e identificó la programación realizada para el control de nivel con los elementos que actúan para su realización y operación fuzzy.
- Se determinó y conoció la secuencia para realizar esta práctica de laboratorio para no ocasionar errores, ni daños de las partes que componen el banco.

Recomendaciones

- No alimentar con corriente el tablero mediante el interruptor antes de haber abierto el programa control de nivel en LabView y ejecutarlo, esto se debe tomar en cuenta cada vez que se desconecta la DAC del PC.
- Tener cuidado al manipular los sensores ya que se pueden descalibrar que puede afectar el correcto funcionamiento.
- Llenar lo suficiente el tanque 2 de agua como se indica.
- Terminada la práctica vaciar y limpiar los tanques T1 y T2.

CAPÍTULO VII

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

El banco de pruebas para el control de nivel de líquido satisfacen los objetivos propuestos en el plan de tesis empleando nuevas técnicas de implementación, instrumentación y automatización, proporcionando un sistema funcional, flexible, técnico de operación sencilla, fácil de entender y capaz e incrementar los conocimientos, el cual será un aporte para la Facultad de Mecánica y la ESPOCH.

Para medir la variable nivel de un fluido se aprovechaban fenómenos físicos que produce este fluido así como las propiedades del fluido que ejerce el recipiente que los contiene, fenómenos físicos que activan elementos primarios, que emiten generar señales que van a los transmisores, transductores, convertidores y por ultimo a los receptores donde se puede controlar, observar con sistema de adquisición de datos, de acuerdo a las condiciones operacionales que se presente.

Se realizó el diseño del banco estudiando todos los instrumentos, componentes, dispositivos antes de adquirirlos para manipularlos con agua por lo que fue necesario estudiarlos a estos para obtener las necesidades y así empezar el trabajo, así como el diseño eléctrico, y la forma de controlar los sistemas tomando en cuenta los costos de tal manera funcionen exitosamente en conjunto.

Para la instalación y montaje se tomó en cuenta la instalación independiente de agua, electricidad y control ya que es desde donde se ejecuta o se ordena su funcionamiento, la distribución de cada uno de los instrumentos, componentes en función de la teoría, espacio físico, operación y mantenimiento para el fácil acceso, ergonomía, prestando facilidad al estudiante.

Se elaboraron guías de laboratorio para que los estudiantes de la Facultad de Mecánica

puedan realizar prácticas con procedimientos ordenados de forma correcta, adecuada que serán de mucha ayuda para su desarrollo profesional, por lo que también se realizó pruebas de funcionamiento.

Se elaboró manual de mantenimiento y el control de operación para los equipos, dispositivos del banco con la finalidad de entender el principio de funcionamiento, operación y ofrecer una buena fiabilidad y disponibilidad del mismo evitando daños al recurso más valioso como es el humano y también al material.

La tarjeta NI-USB 6008 se puede desmontar fácilmente del cableado, para utilizarla en otras aplicaciones o futuros debido a que no necesita alimentación externa, aparte del cable USB ya que tiene una amplia gama de aplicaciones.

7.2 Recomendaciones

Al iniciar o alimentar el Banco colocar el interruptor en modo de operación desconectado para evitar posibles funciones no deseadas debido a la inicialización de los datos internos de la tarjeta NI- USB 6008.

Antes de efectuar cualquier acción en el banco, se debe leer detenidamente el manual de operación con el fin de utilizar correctamente todos los componentes del mismo y evitar daños irreparables, así como cumplir el orden establecido en las guías de laboratorio para realizar las prácticas.

Tener mucha precaución al momento de manipular los elementos ya que se manejan elevados voltajes.

Realizar periódicamente el cambio de agua del tanque de alimentación reservorio si se lo utiliza periódicamente o una vez utilizado desfogar al agua, para tener el agua en condiciones aptas.

Realizar un manteniendo periódico que garantice la vida útil de este equipo. Esto comprende la revisión, comprobación de sus partes y análisis de conexiones eléctricas.

BIBLIOGRAFÍA

BLOG DE CONTROL DE ACCESOS. 2008. Sistema SCADA. *Sistema SCADA*. [En línea] 23 de 04 de 2008. [Citado el: 20 de 06 de 2013.] <http://control-accesos.es/scada/%C2%BFque-es-un-sistema-scada>.

CAROLII, Enrique José. 2008. Válvulas: Instrumentacion y Control. [En línea] 2008. [Citado el: 20 de 06 de 2013.] <http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus.shtml>.

CREUS, ANTONIO. 2010. *INSTRUMENTACION INDUSTRIAL*. OCTAVA. s.l. : ALFAOMEGA, 2010. págs. 195-226, 652, 666-668. Vol. 8.

D'SOUZA, Carmen. 2010. Monografias. *SISTEMAS SCADA*. [En línea] 2010. <http://www.monografias.com/trabajos11/sisco/sisco.shtml>.

JUNTA DE ANDA, Lucia. 2007. Sistemas de Control Automático. [En línea] 2007. [Citado el: 21 de 06 de 2013.] http://www.juntadeandalucia.es/averroes/~23005153/d_tecnologia/bajables/2%20bachillerato/SISTEMAS%20AUTOMATICOS%20DE%20CONTROL.pdf.

KNIGHT, CROCKFORY. 2009. *Propiedades de los liquidos*. [En línea] 2009. [Citado el: 20 de 06 de 2013.] <http://www.monografias.com/trabajos16/propiedades-liquidos/propiedades-liquidos.shtml>.

MOTORES PASO A PASO SURESTEPS TM. 2011. MOTORES PASO A PASO. [En línea] 2011. [Citado el: 24 de Julio de 2013.] <http://www.automationdirect.com/static/manuals/surestepmanualsp/ch3.pdf>.

SENSOR DE DISTANCIA ULTRASONICA. SENSOR DE DISTANCIA ULTRASONICA. [En línea] [Citado el: 19 de 08 de 2013.] www.maxbotix.com/Ultrasonic_Sensors/MB1010.htm.

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. 2010. Instrumentación. [En línea] 2010. http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/djean/index_archivos/Documentos/I4_Medicion_de_nivel.pdf.